PROBLEME ȘI EXERCIȚII

DE CHIMIE GENERALĂ

N. L. GLINKA

EDITURA TEHNICĂ

Scanned with OKEN Scanner

N. L. GLINKA

PROBLEME ȘI EXERCIȚII DE CHIMIE GENERALĂ

Traducere din limba rusă după ediția a șasea

EDIȚIA A DOUA

EDITURA TEHNICĂ
BUCUREȘTI — 1958

Scanned with OKEN Scanner

Cartea este un manual didactic destinat studenților din școlile de învățămînt superior, pentru studiul individual al cursului de chimie generală. După conținutul și modul cum sînt expuse problemele, cartea se adresează mai ales studenților de la învățămîntul fără frecvență.

Cartea cuprinde peste 850 de probleme și exerciții, referitoare la diferitele capitole ale cursului. La începutul fiecărui capitol, se dau pe scurt noțiunile fundamentale și principiile teoretice privitoare la capitolul respectiv din curs și o serie de exemple rezolvate pentru unele probleme caracteristice.

Н. Л. ГЛИНКА
Задачи и упражнения по общей химии
Издание шестое
Госхимиздат
Москва 1954

Scanned with OKEN Scanner

PREFAȚĂ LA EDIȚIA A ȘASEA

De la apariția ediției a cincea a cărții „Probleme și exerciții de chimie generală", au trecut mai mult de doi ani. În acest interval de timp, cursul de „Chimie generală" a apărut în două ediții revizuite de autor, ceea ce a dus la necesitatea de a restructura și acest manual, care, într-o oarecare măsură, este o completare a cursului.

La pregătirea cărții pentru ediția a șasea, introducerile teoretice ale unor capitole au fost puse în concordanță cu cursul, iar capitolele „Structura atomului", „Legătura chimică" și „Reacțiile de oxido-reducere" au fost complet modificate. În cap. XVIII s-a introdus un paragraf nou „Duritatea apei". S-au verificat din nou problemele și exercițiile din carte și o parte dintre ele au fost înlocuite.

Revizuind conținutul cărții, autorul consideră util de a nu modifica structura generală a manuscrisului, păstrînd aproape toate problemele din edițiile anterioare și, în limita posibilităților, numerotarea precedentă.

Martie, 1954

AUTORUL

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL I

COMPOZIȚIA SUBSTANȚELOR COMPUSE

1. Compoziția în greutate a compușilor chimici

Compoziția unei substanțe compuse (combinații chimice) se caracterizează prin raportul cantităților, în greutate, ale elementelor care o formează.

În cazurile cele mai simple, compoziția unei substanțe compuse se stabilește sau prin obținerea ei din substanțe simple (metoda de sinteză) sau prin descompunerea ei în substanțe simple (metoda de analiză).

Exemplul 1. Pentru determinarea compoziției oxidului de magneziu s-au ars 6 g magneziu și s-au obținut 10 g oxid de magneziu. Prin urmare, 10 g oxid de magneziu conțin 6 g magneziu și 4 g oxigen, adică magneziul și oxigenul sînt legați unul cu altul în raportul greutăților $6 : 4 = 3 : 2$. Acest raport exprimă compoziția oxidului de magneziu.

Exemplul 2. La descompunerea unei cantități oarecare de apă, cu ajutorul curentului electric, s-au obținut 0,5 g hidrogen și 4 g oxigen. Din aceste date reiese direct compoziția apei, care poate fi exprimată prin raportul $0{,}5 : 4$ sau $1 : 8$. Cu alte cuvinte, în apă, la 1 parte hidrogen în greutate revin 8 părți în greutate oxigen.

De foarte multe ori compoziția unei substanțe compuse se exprimă în procente. Pentru aceasta, se împarte 100 în părți proporționale cu cifrele raportului care indică compoziția substanței date. De exemplu, compoziția oxidului de magneziu arătată mai sus se exprimă în procente astfel:

$$\text{magneziu } \frac{100 \cdot 3}{5} = 60\% \qquad \text{oxigen } \frac{100 \cdot 2}{5} = 40\%$$

În practică, compoziția unei substanțe compuse se determină nu numai prin sinteza sau analiza ei, ci și cu ajutorul altor reacții, în care intră sau din care rezultă substanța dată.

Exemplul 3. La reducerea cu cărbune a 8 g oxid de cupru s-au format 2,2 g bioxid de carbon, a cărui compoziție se exprimă prin raportul 3 : 8 (la 3 părți de carbon în greutate revin 8 părți de oxigen în greutate). Să se determine compoziția oxidului de cupru.

Rezolvare. Se află mai întîi, prin împărțire proporțională, cît oxigen conțin cele 2,2 g bioxid de carbon :

$$\frac{2{,}2 \cdot 8}{11} = 1{,}6 \text{ g.}$$

Deoarece această cantitate de oxigen a fost conținută pînă la reacție în 8 g oxid de cupru, cantitatea de cupru din 8 g oxid de cupru este 8—1,6=6,4 g.

Prin urmare, compoziția oxidului de cupru se poate exprima prin raportul (Cu) : (O) = 6,4 : 1,6 sau 4 : 1.

PROBLEME

1. Pentru obținerea sulfurii de fier, la 4,2 g fier sînt necesare 2,4 g sulf. Să se exprime compoziția sulfurii de fier prin raportul celor mai mici numere întregi și în procente.

2. La descompunerea a 7 g bromură de calciu se obțin 5,6 g brom. Să se exprime compoziția bromurii de calciu prin raportul numerelor întregi și în procente.

3. La arderea unei cantități de 1,55 g fosfor se obțin 3,55 g anhidridă fosforică. Care este compoziția cantitativă a anhidridei fosforice ?

4. La arderea unei cantități oarecare de hidrocarbură s-au format 3,3 g bioxid de carbon și 2,7 g apă. Să se determine compoziția cantitativă a hidrocarburii (compoziția bioxidului de carbon și a apei se poate vedea mai sus, în exemplele 2 și 3).

5. La arderea a 1,9 g sulfură de carbon s-au format 3,2 g bioxid de sulf, care conține la 1 parte în greutate sulf, 1 parte în greutate oxigen. Să se determine compoziția sulfurii de carbon, exprimînd-o în procente.

6. Compoziția sulfurii de argint se exprimă prin raportul (Ag) : (S)= =27 : 4. Cîte grame de argint se pot obține din 124 g sulfură ?

7. La arderea unei cantități oarecare de hidrogen arseniat s-au obținut 0,66 g anhidridă arsenioasă (care conține 75,8% arsen) și 0,18 g apă. Să se determine compoziția hidrogenului arseniat în procente.

8. La arderea a 16 g sulfură de cupru, care conține 80% cupru și 20% sulf, s-au obținut 16 g oxid de cupru și 6,4 g bioxid de sulf.

Scanned with OKEN Scanner

Să se determine compoziția compușilor obținuți, exprimînd-o prin raportul celor mai mici numere întregi.

9. Cîte grame de apă se obțin prin arderea a 20 g hidrocarbură care conține 25% hidrogen și 75% carbon? Compoziția apei se exprimă prin raportul (H) : (O) = 1 : 8.

10. La descompunerea a 50 g carbonat de calciu s-au obținut 28 g oxid de calciu și 22 g bioxid de carbon. Știind că în oxidul de calciu, la 5 părți calciu în greutate, revin 2 părți oxigen în greutate, iar în bioxidul de carbon la 3 părți carbon în greutate, revin 8 părți oxigen în greutate, să se calculeze compoziția carbonatului de calciu.

2. Echivalenții. Legea proporțiilor multiple

Echivalentul unui element este numărul care arată cîte părți în greutate din acel element se combină cu 8 părți în greutate de oxigen sau cu 1 (mai exact 1,008) parte în greutate de hidrogen, sau înlocuiește aceleași cantități de oxigen și hidrogen în compușii lor.

Elementele se combină între ele și se înlocuiesc unele pe altele în cantități proporționale cu echivalenții lor (legea echivalenților).

Din legea echivalenților rezultă direct:

1. că numerele 8 pentru oxigen și 1,008 pentru hidrogen sînt echivalenții acestor elemente;

2. că echivalentul unui element poate fi determinat din compoziția combinației sale cu alt element, al cărui echivalent este cunoscut.

Dacă elementul formează mai mulți compuși cu un alt element, atunci echivalentul lui, evident, va avea valori diferite, în funcție de compusul din care a fost calculat. Însă toate aceste valori diferite ale echivalentului se vor raporta una la alta, ca numere mici întregi.

Dacă două elemente formează între ele mai mulți compuși chimici, proporțiile în greutate ale unuia dintre elemente, care revin în acești compuși uneia și aceleiași cantități din celălalt element, se află între ele într-un raport de numere întregi mici (legea proporțiilor multiple).

Noțiunea de echivalent și legea echivalenților se aplică și la substanțele compuse.

Echivalentul unei substanțe compuse se numește acea cantitate în greutate care reacționează cantitativ cu 1 parte în greutate de hidrogen sau cu 8 părți în greutate de oxigen sau, în general, cu 1 echivalent al oricărei alte substanțe.

Scanned with OKEN Scanner

Astfel, toate substanțele reacționează între ele în cantități în greutate, proporționale cu echivalenții lor. De aceea, pentru determinarea echivalentului atît al unei substanțe simple, cît și al unei substanțe compuse, este suficient să se stabilească în ce raport de greutate reacționează această substanță cu oricare altă substanță al cărei echivalent este cunoscut.

Cantitatea de substanță în grame, egală numeric cu echivalentul ei, se numește *echivalent gram.*

Exemplul 1. Să se determine echivalentul magneziului, știind că 3 părți în greutate de magneziu se combină cu 2 părți în greutate de oxigen.

Rezolvare. După legea echivalenților, cantitățile, în greutate, în care magneziul și oxigenul se combină unul cu altul, trebuie să fie proporționale cu echivalenții lor. Notînd echivalentul magneziului cu E_{Mg} și avînd în vedere că echivalentul oxigenului este egal cu 8, se scrie proporția:

$$3 : 2 = E_{Mg} : 8,$$

de unde se găsește:

$$E_{Mg} = \frac{3 \cdot 8}{2} = 12.$$

Exemplul 2. Clorura de calciu conține 36% calciu și 64% clor. Să se determine echivalentul calciului, știind că echivalentul clorului este 35,5.

Rezolvare. În clorura de calciu, calciul și clorul sînt legați prin raportul în greutate 36 : 64. Acest raport trebuie să fie egal cu raportul echivalenților lor. Notînd echivalentul calciului cu E_{Ca}, se scrie proporția:

$$36 : 64 = E_{Ca} : 35,5,$$

de unde:

$$E_{Ca} = \frac{36 \cdot 35,5}{64} = 20.$$

Exemplul 3. Să se calculeze echivalentul acidului fosforic, știind că la înlocuirea hidrogenului din acid cu calciu la 1 parte în greutate de acid, sînt necesare 0,612 părți în greutate de calciu, al cărui echivalent este 20.

Scanned with OKEN Scanner

Rezolvare. Raţionînd ca în cazurile precedente, se scrie proporţia:

$$1 : 0{,}612 = E_{acid} : 20,$$

din care se găseşte echivalentul acidului:

$$E_{acid} = \frac{1 \cdot 20}{0{,}612} = 32{,}7.$$

PROBLEME

11. La arderea a 5 g aluminiu se formează 9,44 g oxid de aluminiu. Să se determine echivalentul aluminiului.

12. Sulfura unui metal conţine 52% metal. Să se determine echivalentul metalului, ştiind că echivalentul sulfului este 16.

13. La dizolvarea într-un acid a 3,06 g metal, s-au degajat 2,8 l hidrogen, măsurat la 0° şi 760 mm *). Să se calculeze echivalentul metalului.

14. Să se stabilească echivalentul unui metal, ştiind că 2 g din acest metal înlocuiesc 1,132 g cupru din soluţia unei sări de cupru. Echivalentul cuprului este 31,8.

15. Un gram dintr-un metal oarecare se combină cu 1,78 g sulf sau cu 8,89 g brom. Să se afle echivalentul bromului şi al metalului, ştiind că echivalentul sulfului este 16.

16. 1,6 g calciu şi 2,615 g zinc înlocuiesc cantităţi egale de hidrogen dintr-un acid. Să se afle echivalentul zincului, ştiind că echivalentul calciului este 20.

17. O cantitate oarecare dintr-un metal, al cărui echivalent este 28, înlocuieşte într-un acid 700 ml hidrogen, măsurat în condiţii normale *). Să se calculeze greutatea metalului.

18. Una şi aceeaşi cantitate de metal se combină cu 0,2 g oxigen şi cu 3,173 g halogen. Să se determine echivalentul halogenului.

19. Un litru de oxigen cîntăreşte 1,4 g. Cîţi litri de oxigen se consumă la arderea a 21 g magneziu, ştiind că echivalentul magneziului este 12 ?

20. Pentru reducerea cantităţii de 1,8 g oxid metalic ar trebui 833 ml hidrogen, măsurat în condiţii normale. Să se calculeze echivalentul oxidului şi echivalentul metalului.

21. Un oxid metalic conţine 28,57% oxigen, iar compusul aceluiaşi metal cu fluorul, 48,72% fluor. Să se determine echivalentul fluorului, ţinînd seamă de datele de mai sus.

22. Pentru dizolvarea a 16,86 g metal trebuie 14,7 g acid sulfuric, al cărui echivalent este 49. Să se determine echivalentul metalului şi volumul hidrogenului degajat la dizolvarea metalului.

---

*) 1 l hidrogen în condiţii normale (0° şi 760 mm) cîntăreşte 0,09 g.

Scanned with OKEN Scanner

23. Să se determine echivalentul clorurii ferice, știind că 1,355 g clorură reacționează total cu 1 g hidroxid de sodiu, al cărui echivalent este 40.

24. La neutralizarea cu hidroxid de sodiu a 1,125 g dintr-un acid, se consumă 1 g hidroxid de sodiu. Să se calculeze echivalentul acidului, știind că echivalentul hidroxidului de sodiu este 40.

25. Arsenul formează doi oxizi, dintre care unul conține 65,2% As, iar celălalt 75,8% As. Să se determine echivalentul arsenului în cei doi oxizi. În ce raport se găsesc acești echivalenți unul față de celălalt?

26. Staniul formează doi oxizi, care conțin: primul 78,6% staniu, iar al doilea 88,2% staniu. Să se calculeze echivalenții staniului, plecînd de la compoziția acestor oxizi, și să se stabilească raportul dintre valorile obținute.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL II

LEGILE GAZELOR. DETERMINAREA GREUTĂȚILOR MOLECULARE ALE GAZELOR ȘI VAPORILOR

1. Legile fundamentale ale gazelor

Starea unui gaz este caracterizată prin temperatura, presiunea și volumul său. Dacă temperatura gazului este 0°C*), iar presiunea 760 mm col. Hg, atunci condițiile în care se găsește gazul se numesc normale. Volumul ocupat de orice gaz în aceste condiții se notează cu V_0, iar presiunea normală cu p_0.

Toate gazele se supun următoarelor legi:

1. La temperatura constantă, volumul unei anumite cantități de gaz este invers proporțional cu presiunea la care se găsește gazul (legea Boyle-Mariotte):

$$\frac{p}{p_1} = \frac{V_1}{V} \text{ sau } pV = \text{const.}$$

2. La presiune constantă, la o variație a temperaturii cu un grad, volumul unei anumite cantități de gaz variază cu 1/273 din volumul său la 0°C (legea lui Gay-Lussac).

$$V = V_0 + \frac{V_0 t}{273} = V_0\left(\frac{273 + t}{273}\right),$$

în care t este temperatura în °C.

Introducînd în această formulă temperatura absolută T, socotită de la zero absolut, punctul care se găsește cu 273°

*) °C înseamnă grade de temperatură, calculate după scara internațională de o sută grade, adoptată și în U.R.S.S.

sub zero *) pe scara internațională de o sută de grade ($T=273+t$), se obține o altă expresie a aceleiași legi:

$$V = \frac{V_0 T}{273} \text{ sau } \frac{V}{T} = \frac{V_0}{273}$$

Deoarece $\frac{V_0}{273}$ este o valoare constantă pentru cantitatea de gaz dată, se poate scrie:

$$\frac{V}{T} = \text{const} \quad \text{sau} \quad \frac{V}{T} = \frac{V_1}{T_1}$$

La presiune constantă, volumul gazului variază direct proporțional cu temperatura absolută.

Dacă volumul gazului rămîne constant, de exemplu, la încălzirea gazului într-un volum închis, *presiunea gazului variază direct proporțional cu temperatura absolută:*

$$\frac{p}{T} = \frac{p_1}{T_1}.$$

Folosind legile indicate mai sus, se pot face calcule diferite care privesc: 1) variația presiunii gazului în funcție de volum și temperatură; 2) variația volumului gazului în funcție de presiune și temperatură**).

Exemplul 1. La o temperatură oarecare, presiunea gazului care ocupă un volum de 3 l este egală cu 700 mm. Care va fi presiunea gazului dacă, menținînd constantă temperatura, se micșorează volumul pînă la 2,8 l ?

Rezolvare. Produsul dintre volumul gazului și presiunea sa este o mărime constantă la temperatura dată. Notînd presiunea căutată cu p, se poate scrie:

$$p \cdot 2{,}8 = 700 \cdot 3,$$

de unde

$$p = \frac{700 \cdot 3}{2{,}8} = 750 \text{ mm}.$$

Exemplul 2. Volumul unui gaz la 27° este 600 ml. Ce volum va ocupa gazul la 57°, dacă presiunea rămîne constantă?

---

*) Mai exact cu 273,16°.

**) Numai gazele așa-numite ideale, se supun exact legilor fundamentale ale gazelor. În cazul unui gaz ideal, moleculele sînt puncte (adică nu au volum) și nu au nici o acțiune una asupra celeilalte. Gazele reale se abat de la legile indicate cu atît mai intens, cu cît temperatura este mai mică și presiunea mai mare. De aceea, în cazul presiunilor mari sau al temperaturilor joase, calculele sînt aproximative

Rezolvare. Dacă se notează volumul căutat cu V_1 și temperatura corespunzătoare cu T_1, atunci

$$\frac{V}{T} = \frac{V_1}{T_1}.$$

Din datele problemei, $V=600$ ml, $T=273+27=300°K$ *) și $T_1=273+57=330°K$. Prin înlocuirea acestor valori, se obține:

$$\frac{600}{300} = \frac{V_1}{330},$$

de unde

$$V_1 = \frac{600 \cdot 330}{300} = 660 \text{ ml}.$$

Exemplul 3. La 15°, presiunea dintr-un recipient cu oxigen este 90 at. La ce temperatură presiunea va deveni 100 at?

Rezolvare. Problema se rezolvă analog cu cea anterioară:

$$\frac{p}{T} = \frac{p_1}{T_1}.$$

Fie T_1 temperatura căutată. Atunci $T=273+15=288$, $p=90$ at, $p_1=100$ at. Înlocuind aceste valori în ecuație, se obține:

$$\frac{90}{288} = \frac{100}{T_1},$$

de unde

$$T_1 = \frac{288 \cdot 100}{90} = 320°K = 47°C.$$

Exemplul 4. La 25° și 745 mm presiune, o cantitate oarecare de gaz ocupă un volum de 152 ml. Să se calculeze ce volum va ocupa aceeași cantitate de gaz la 0° și 760 mm presiune (un astfel de calcul se numește aducerea volumului gazului la condiții normale).

Rezolvare. Se calculează mai întîi ce volum (V_1) va ocupa gazul dacă, menținînd temperatura constantă, se mărește presiunea pînă la 760 mm.

$$V_1 \cdot 760 = 152 \cdot 745;$$

$$V_1 = \frac{152 \cdot 745}{760} = 149 \text{ ml}.$$

---

*) °K înseamnă grade de temperatură, pornind de la zero absolut.

Scanned with OKEN Scanner

Astfel, la presiune normală și la aceeași temperatură de 25°, volumul gazului va fi 149 ml.

Menținînd acum presiunea neschimbată, se micșorează temperatura pînă la 0° și se calculează noul volum V_0 al gazului.

Deoarece $V_1=149$ ml, $T_1=273+25=298°K$ și $T_0=273°K$, atunci:

$$\frac{V_0}{273}=\frac{149}{298},\quad V_0=\frac{273\cdot 149}{298}=136{,}5 \text{ ml}.$$

Dependența dintre volumul gazului, presiunea și temperatura lui se exprimă de obicei printr-o ecuație generală, care unește legile Boyle-Mariotte și Gay-Lussac:

$$pV=\frac{p_0V_0\cdot T}{273},$$

unde p și V sînt presiunea și volumul gazului la temperatura T; p_0 — presiunea normală și V_0 — volumul în condiții normale *).

Această ecuație permite aflarea oricăreia dintre valorile indicate, dacă celelalte sînt cunoscute. În special, din această ecuație se determină valoarea lui V_0:

$$V_0=\frac{pV\cdot 273}{p_0\cdot T}.$$

Folosind această formulă, se poate aduce imediat oricare volum de gaz la condiții normale, dacă se cunoaște temperatura și presiunea gazului. De exemplu, introducînd în formula de mai sus datele din problema precedentă, se obține:

$$V_0=\frac{745\cdot 152\cdot 273}{760\cdot 298}=136{,}5 \text{ ml}.$$

PROBLEME

27. Presiunea unui gaz care ocupă un volum de 2,5 l este 1,2 at. Care va fi presiunea dacă, menținînd temperatura constantă, se comprimă gazul pînă la volumul de 1 l?

28. O cantitate oarecare de gaz la presiunea de 2 at ocupă un volum de 30 l. La ce presiune trebuie să se comprime gazul la temperatură constantă, pentru ca volumul să devină 25 l?

*) La această ecuație se ajunge ușor din problema precedentă, dacă se rezolvă sub formă generală, întrebuințînd coeficienți literali.

Scanned with OKEN Scanner

29. Un gram de aer în condiții normale ocupă un volum de 773 ml Ce volum va ocupa aceeași cantitate de aer la 0° și 700 mm ?

30. Într-un recipient de oțel cu capacitatea de 12 l se găsește oxigen la presiunea de 150 at și la 0°. Cîți litri de oxigen se obțin dintr-un astfel de recipient în condiții normale ?

31. La 0° și 896 mm, 28 g azot ocupă un volum de 19 l. Ce volum va ocupa aceeași cantitate de azot în condiții normale ?

32. O cantitate oarecare de gaz ocupă la temperatura de 17° un volum de 580 ml. Ce volum va ocupa aceeași cantitate de gaz la 100°, dacă presiunea va rămîne neschimbată ?

33. Cu cîte grade trebuie încălzit un gaz, care se găsește la 0° într-un vas închis, pentru ca presiunea lui să crească de două ori ?

34. La 27°, volumul unui gaz este 150 ml. Pînă la ce temperatură trebuie încălzit gazul, la presiune constantă, pentru ca volumul lui să crească pînă la 200 ml ?

35. Presiunea unui gaz la 12° într-un vas închis este 750 mm. Care va fi presiunea, dacă vasul se încălzește pînă la 30° ?

36. La 7°, presiunea unui gaz ce se află într-un vas închis este 720 mm. Cu cît se va micșora presiunea, dacă vasul se răcește pînă la —33° ?

37. Presiunea unui gaz la 21° ce se află într-un vas închis este 840 mm. Pînă la ce temperatură trebuie răcit gazul, pentru ca presiunea lui să devină normală ?

38. Un recipient de oțel este umplut cu azot la 150 at și 18°. Presiunea limită pentru recipient este 200 at. La ce temperatură presiunea azotului va atinge această valoare ?

39. O cantitate oarecare de gaz ocupă la 15° și 720 mm un volum de 912 ml. Ce volum va ocupa aceeași cantitate de gaz în condiții normale ?

40. Să se aducă la condiții normale 608 ml gaz, care se găsește la temperatura de 91° și presiunea de 740 mm.

41. O cantitate de 5 l gaz se află la 27° și 720 mm. Ce volum va ocupa aceeași cantitate de gaz la 39° și 780 mm ?

42. Prin acțiunea a 1,28 g metal asupra apei s-au degajat 380 ml hidrogen, măsurat la temperatura de 21° și presiunea 784 mm. Să se calculeze echivalentul metalului.

2. Presiunea parțială a gazelor

Presiunea pe care o exercită un gaz asupra pereților vasului în care se găsește este rezultatul ciocnirii moleculelor lui de pereții vasului. De aceea, la temperatură constantă, presiunea gazului este direct proporțională cu numărul moleculelor care se găsesc în unitatea de volum a gazului.

Dacă în vas se găsește un amestec de mai multe gaze, fiecare dintre ele va exercita aceeași presiune pe care ar exercita-o dacă ar fi singur în tot vasul. Acea parte din presiunea totală a amestecului de gaze, care revine unuia dintre gazele date, se numește *presiunea parțială* a gazului.

Scanned with OKEN Scanner

Presiunea totală a unui amestec de gaze, care se găsește într-un anumit volum, este egală cu suma presiunilor parțiale a componenților amestecului (legea lui Dalton).

Cunoscînd presiunea parțială a gazelor care formează un amestec, se poate calcula cu ușurință presiunea totală a amestecului. Invers, din compoziția volumetrică și presiunea totală a amestecului se poate calcula presiunea parțială a componenților amestecului de gaze.

Exemplul 1. Se amestecă 2 l oxigen cu 4 l bioxid de sulf. Ambele gaze se află la aceeași presiune, egală cu 750 mm. Volumul amestecului este 6 l. Să se determine presiunea parțială a gazelor din amestec.

Rezolvare. Volumul oxigenului a crescut după amestecare de 6 : 2=3 ori, iar volumul bioxidului de sulf de 6 : 4=1,5 ori. Tot de atîtea ori s-a micșorat și presiunea gazelor care formează amestecul. Prin urmare, presiunile parțiale ale gazelor sînt:

presiunea oxigenului . . . 750 : 3 = 250 mm;
presiunea bioxidului de sulf . 750 : 1,5 = 500 mm.

Din rezolvarea acestui exemplu reiese că *presiunea parțială a gazelor din amestec este proporțională cu conținutul lor în volume.*

Exemplul 2. Se amestecă 3 l bioxid de carbon cu 4 l oxigen și 6 l azot. Presiunea bioxidului de carbon pînă la amestecare era 720 mm, presiunea oxigenului 810 mm și presiunea azotului 680 mm.

Volumul amestecului este 10 l. Să se determine presiunea totală a amestecului.

Rezolvare. Raționînd analog ca în cazul precedent, se găsește presiunea parțială a gazelor din amestec:

presiunea bioxidului de carbon . . . . $\frac{720 \cdot 3}{10} = 216$ mm;

presiunea oxigenului . . . . . $\frac{810 \cdot 4}{10} = 324$ mm;

presiunea azotului . . . . . $\frac{680 \cdot 6}{10} = 408$ mm.

Presiunea totală a amestecului de gaze (p) este egală cu suma presiunilor parțiale a gazelor din amestec:

$$p = 216 + 324 + 408 = 948 \text{ mm}.$$

Exemplul 3. Un amestec de gaze conține 30% metan și 70% hidrogen. Presiunea amestecului este 800 mm. Să se determine presiunea parțială a gazelor care formează amestecul.

Rezolvare. Deoarece presiunile parțiale ale gazelor sînt proporționale cu conținutul în volume al gazelor din amestec, pentru determinarea lor trebuie să se împartă 800 în părți proporționale cu 30 și 70:

presiunea metanului . . . $\frac{800 \cdot 30}{100} = 240$ mm;

presiunea hidrogenului . . . $\frac{800 \cdot 70}{100} = 560$ mm.

PROBLEME

43. Un amestec de gaze este preparat din 2 l hidrogen luat la presiunea de 700 mm și 5 l metan luat la presiunea de 840 mm. Volumul amestecului este egal cu suma volumelor de gaze luate. Care vor fi presiunile parțiale ale gazelor în amestec și presiunea totală a amestecului?

44. Aerul din atmosferă conține 21% oxigen în volume. Care este presiunea parțială a oxigenului din aer la presiune normală?

45. Într-un rezervor de gaz se găsesc deasupra apei 7,4 l oxigen la temperatura de 23° și presiunea de 781 mm. Presiunea vaporilor de apă la 23° este 21 mm. Ce volum va ocupa oxigenul în rezervorul de gaz în condiții normale *)?

46. Se amestecă 3 l azot, care se găsește la presiunea de 720 mm, cu 2 l oxigen. Volumul amestecului este 5 l, iar presiunea totală 732 mm. Care a fost presiunea oxigenului?

47. O cantitate de 2 l oxigen se află la presiunea de 756 mm. Cîți litri azot, luați la aceeași presiune, trebuie adăugați oxigenului, pentru ca presiunea parțială în amestec a acestuia din urmă să fie 630 mm?

48. Un amestec de gaze conține oxid și bioxid de azot. Să se calculeze conținutul în volume al gazelor din amestec, dacă presiunile lor parțiale sînt respectiv 272 și 528 mm.

49. Două baloane cu oxigen cu capacitatea de 3 și 4 l sînt legate între ele cu ajutorul unui tub cu robinet. Cînd robinetul este închis, presiunea oxigenului din primul balon este 420 mm iar în cel de-al doilea 777 mm. Temperatura gazelor este aceeași. Care va fi presiunea din baloane la aceeași temperatură, dacă se deschide robinetul?

50. Un amestec de gaze este preparat din 3 l metan, luat la 720 mm, 4 l hidrogen la 630 mm și 1 l oxid de carbon la 816 mm. Volumul amestecului este 8 l. Să se determine presiunile parțiale ale gazelor din amestec și presiunea totală a amestecului.

---

*) La rezolvarea problemei se va avea în vedere că presiunea din rezervorul de gaz reprezintă suma presiunilor parțiale ale oxigenului și ale vaporilor de apă saturați.

Scanned with OKEN Scanner

3. Legea lui Avogadro. Raporturile de volum dintre gazele care reacţionează

Volume egale din orice gaze luate la aceeaşi temperatură şi aceeaşi presiune, conţin acelaşi număr de molecule (legea lui Avogadro).

Cu alte cuvinte, se poate spune, că dacă volume egale ale unor gaze diferite, conţin, la aceeaşi temperatură, acelaşi număr de molecule, atunci şi presiunea acestor gaze va fi aceeaşi. Prin urmare, la volum constant şi temperatură constantă, presiunea gazelor depinde numai de numărul moleculelor, nu şi de natura lor.

Volumele a două gaze care se combină se află între ele şi faţă de volumul combinaţiei gazoase formate în reacţie, într-un raport de numere întregi şi mici (legea volumelor constante a lui Gay-Lussac).

Cunoscînd raporturile de volume din reacţiile dintre gaze se poate stabili compoziţia moleculelor substanţelor obţinute. Invers, cunoscînd compoziţia moleculelor substanţelor iniţiale şi a produselor reacţiei, este uşor să se calculeze raportul volumelor gazelor care iau parte la reacţie, dacă temperatura şi presiunea lor rămîn neschimbate, sau se poate calcula schimbarea presiunii care are loc ca rezultat al reacţiei, dacă reacţia decurge într-un spaţiu închis, la temperatura constantă.

Exemplul 1. Prin combinarea oxidului de azot NO cu oxigenul, din două volume oxid de azot şi un volum oxigen se obţin două volume dintr-un gaz nou. Să se stabilească formula gazului obţinut.

Rezolvare. Deoarece volume egale de gaze, în condiţii egale, conţin un număr egal de molecule, din datele problemei reiese că fiecare 2 molecule de oxid de azot, reacţionînd cu 1 moleculă de oxigen, formează 2 molecule de gaz nou.

Notînd compoziţia moleculelor gazului care se formează cu $N_x O$, se poate exprima reacţia care are loc, prin ecuaţia:

$$2NO+O_2=2N_xO_.$$

Calculul numărului de atomi de azot şi oxigen din partea stîngă a ecuaţiei arată că în compoziţia a 2 molecule de gaz nou trebuie să intre 2 atomi de azot şi 4 atomi de oxigen, adică molecula sa conţine 1 atom azot şi 2 atomi oxigen. Prin urmare, formula gazului este NO_2.

Exemplul 2. La arderea metanului CH_4 se formează bioxid de carbon şi vapori de apă. Care este raportul dintre volu-

mele gazelor care iau parte la reacție, dacă sînt măsurate în condiții identice?

Rezolvare. La arderea completă a metanului, pentru fiecare moleculă de metan se consumă 2 molecule de oxigen, formîndu-se 1 moleculă bioxid de carbon și 2 molecule vapori de apă:

$$CH_4+2O_2=CO_2+2H_2O\ .$$

Aceasta înseamnă că din 1 volum de metan și 2 volume de oxigen se obțin 2 volume vapori de apă și 1 volum bioxid de carbon, măsurate în aceleași condiții.

Exemplul 3. Într-un vas închis se găsește un amestec în cantități echivalente de hidrogen și oxigen la o temperatură mai mare de 100°. Cum se va schimba presiunea din vas, dacă se provoacă explozia amestecului și după aceea se aduce vasul la temperatura inițială?

Rezolvare. Pentru formarea moleculei de apă sînt necesari 2 atomi hidrogen și 1 atom oxigen. Prin urmare, în reacția dintre hidrogen și oxigen din fiecare 2 molecule hidrogen și 1 moleculă oxigen se obțin 2 molecule apă sau vapori de apă. Astfel, ca rezultat al reacției, numărul total al moleculelor se micșorează de $1^1/_2$ ori. Deoarece reacția decurge într-un vas închis, adică la volum constant, iar la sfîrșitul reacției vasul este adus la temperatura inițială, micșorarea numărului de molecule de $1^1/_2$ ori atrage după sine și micșorarea presiunii în egală măsură.

PROBLEME

51. În reacția dintre oxid de carbon și clor, din 1 volum de oxid de carbon și 1 volum de clor se formează 1 volum fosgen. Să se stabilească formula fosgenului.

52. După explozia unui amestec, format din 1 volum de gaz ce trebuie analizat și 1 volum de hidrogen, s-a obținut 1 volum vapori de apă și 1 volum de azot. Toate măsurările s-au făcut în aceleași condiții. Să se afle formula gazului necunoscut.

53. La arderea unui volum dintr-o hidrocarbură gazoasă oarecare, s-au format 3 volume bioxid de carbon și 4 volume vapori de apă. Toate volumele sînt măsurate în aceleași condiții. Să se stabilească formula hidrocarburii.

54. Din cîți atomi este formată molecula fosforului gazos, dacă el reacționează cu oxigenul în raportul volumelor 1 : 5, formînd anhidrida fosforică ?

55. La arderea amoniacului în clor se obține acid clorhidric și azot. În ce raporturi de volum se află amoniacul și clorul în această reacție și care este relația dintre volumele gazelor obținute ?

Scanned with OKEN Scanner

56. La oxidarea amoniacului în prezența unui catalizator, produsele de reacție sînt oxidul de azot NO și vaporii de apă. În ce raport de volum intră amoniacul și oxigenul în această reacție și care este raportul dintre volumele produselor gazoase obținute?

57. În ce raport de volum reacționează acetilena C_2H_2 și oxigenul la arderea acetilenei?

58. Cîți litri bioxid de carbon se obțin la arderea a 2 l butan C_4H_{10}, dacă ambele gaze se măsoară în aceleași condiții?

59. La arderea etilenei C_2H_4 s-au format 15 l bioxid de carbon, măsurați în aceleași condiții în care se găsea etilena. Cîți litri etilenă au fost arși?

60. Cîți litri oxigen sînt necesari pentru arderea a 10 l hidrogen sulfurat, dacă produsele de reacție sînt bioxidul de sulf și apa?

61. După explozia a 20 ml amestec de hidrogen și oxigen au rămas 3,2 ml oxigen. Să se afle și să se exprime compoziția amestecului în procente de volum.

62. Se amestecă 1 volum oxid de azot NO cu 2 volume oxigen. Oxidul de azot se transformă complet în bioxid de azot NO_2. Să se determine compoziția în volume a amestecului gazos obținut.

63. La trecerea unui amestec în volume egale de bioxid de sulf și oxigen printr-un aparat de contact, 90% SO_2 se transformă în SO_3. Să se determine compoziția în volume a amestecului de gaze care iese din aparatul de contact.

64. Într-un recipient de oțel se găsește un amestec în volume egale de hidrogen și oxigen, la 150° și la presiunea de 0,2 at. Care va fi presiunea din vas după explozia amestecului și răcirea vasului pînă la temperatura inițială?

65. Cum variază presiunea unui amestec gazos format din 1 volum azot și 3 volume hidrogen, într-un vas închis, dacă jumătate din azot se transformă în amoniac?

66. Într-un vas închis se găsește un amestec format din 3 volume oxigen și 1 volum metan, la temperatura de 120° și presiunea de 0,5 at. Care va fi presiunea din vas, dacă se provoacă explozia amestecului și se aduce vasul la temperatura inițială?

67. Într-un vas închis se găsește la 150° un amestec de oxigen și acetilenă C_2H_2, în cantități echivalente. Cum se va modifica presiunea din vas, dacă se provoacă explozia amestecului și se răcește vasul pînă la temperatura inițială?

68. Un amestec format din 3 volume clor și 1 volum hidrogen a fost lăsat să stea într-un vas închis, la lumină difuză și temperatură constantă. După un timp oarecare, conținutul de clor din amestec s-a micșorat cu 20%. Să se arate dacă s-a schimbat presiunea din vas. Care este acum compoziția în volume a amestecului? Să se exprime aceasta în procente.

4. Volumul molecular al gazelor

Pentru măsurarea cantităților de substanțe, se mai folosește în chimie alături de gram și de kilogram și altă măsură specială, numită moleculă-gram.

Cantitatea de substanță, în grame, egală numeric cu greutatea moleculară a acelei substanțe, se numește moleculă-gram

Scanned with OKEN Scanner

(sau mol). Folosind această măsură, calculele devin foarte comode deoarece molecula-gram a tuturor substanțelor conține același număr de molecule și anume $6{,}02 \cdot 10^{23}$ *(numărul lui Avogadro)*. Reiese de aici, că molecula-gram a tuturor substanțelor în stare gazoasă trebuie să ocupe, în condiții egale, volume egale.

Volumul ocupat de o moleculă-gram de gaz (volumul molecular sau molar al gazului) în condiții normale este 22,4

Folosind valoarea volumului molecular al gazului, se poate calcula ușor volumul și presiunea unei cantități de gaz în orice condiții, cunoscînd greutatea lui moleculară.

Exemplul 1. Să se determine volumul ocupat de 5,25 g azot la 26° și 736 mm.

Rezolvare. Se calculează la început volumul în condiții normale (V_0) al cantității de azot indicate, considerînd volumul molecular al azotului 22,4 l și greutatea lui moleculară 28:

$$5{,}25 : 28 = V_0 : 22{,}4,$$

$$V_0 = \frac{5{,}25 \cdot 22{,}4}{28} = 4{,}2 \text{ l}.$$

Se calculează apoi volumul azotului pentru condițiile arătate în problemă:

$$pV = \frac{p_0 V_0 \cdot T}{273},$$

$$V = \frac{p_0 V_0 \cdot T}{p \cdot 273} = \frac{760 \cdot 4{,}2 \cdot 299}{736 \cdot 273} = 4{,}75 \text{ l}.$$

Exemplul 2. Într-un vas închis cu capacitatea de 500 ml se găsesc 0,75 g oxid de azot NO la 39°. Să se determine presiunea gazului.

Rezolvare. Molecula-gram a oricărui gaz, ocupînd un volum de 22,4 l la 0°, are o presiune de 1 at. Plecînd de la aceasta și luînd în considerare că molecula-gram a NO cîntărește 30 g se determină la început ce presiune trebuie să exercite 0,75 g oxid de azot, care ocupă același volum. Deoarece la volum constant și temperatură constantă, presiunea gazului este direct proporțională cu cantitatea sa (deci cu numărul de molecule), pentru rezolvarea problemei date se scrie proporția:

$$p : 1 = 0{,}75 : 30,$$

$$p = 0{,}025 \text{ at}.$$

Apoi, conform legilor fundamentale ale gazelor, se calculează:

1) presiunea (p_1), exercitată de 0,75 g oxid de azot care ocupă un volum de 0,5 l la temperatura de 0°:

$$p_1 \cdot 0{,}5 = 0{,}025 \cdot 22{,}4,$$

$$p_1 = \frac{0{,}025 \cdot 22{,}4}{0{,}5} = 1{,}12 \text{ at};$$

2) presiunea (p_2), exercitată de gaz la 39°:

$$\frac{p_2}{273 + 39} = \frac{1{,}12}{273};$$

$$p_2 = \frac{312 \cdot 1{,}12}{273} = 1{,}28 \text{ at}.$$

Prin urmare, presiunea căutată este 1,28 at.

Exemplul 3. Ce volum va ocupa la 0° și 700 mm un echivalent-gram de oxigen?

Rezolvare. Echivalentul-gram de oxigen este egal cu 8 g. Deoarece molecula-gram de oxigen, adică 32 g, ocupă în condiții normale un volum de 22,4 l, volumul ocupat de un echivalent-gram de oxigen, în condiții normale, este

$$\frac{22{,}4 \cdot 8}{32} = 5\,6 \text{ l}.$$

Se calculează apoi volumul la presiunea de 700 mm:

$$V \cdot 700 = 5{,}6 \cdot 760;$$

$$V = \frac{5{,}6 \cdot 760}{700} = 6{,}08 \text{ l}.$$

PROBLEME

69. Ce volume vor ocupa în condiții normale următoarele cantități de gaze: 80 g O_2; 3 g NO; 128 g SO_2?

70. Știind că 1 g apă ocupă la 100° un volum aproximativ de 1 ml, să se determine de cîte ori se mărește volumul apei la transformarea în vapori, la aceeași temperatură.

71. Ce volum ocupă în condiții normale molecula-gram a următoarelor substanțe: oxigen, bioxid de carbon, glicerină $C_3H_8O_3$ (gr. sp. 1,26) și apă?

72. Să se determine volumul ocupat de 70 g azot la 21° și 1,4 at.

73. La întrebarea, ce volum ocupă 1 mol de apă în condiții normale, s-a răspuns: 22,4 l. De ce este greșit acest răspuns și care este răspunsul corect?

Scanned with OKEN Scanner

74. Ce volume ocupă în condiții normale următoarele cantități de gaze : 1 g hidrogen, 1 g oxigen și 1 g bioxid de carbon ?

75. Cloratul de potasiu $KClO_3$ se descompune la încălzire în clorură de potasiu și oxigen. Cîți litri de oxigen la 0° și 760 mm se obțin din 1 mol clorat de potasiu ?

76. S-au cîntărit în condiții identice cantități egale de oxigen, hidrogen și metan. În ce raport se găsesc volumele acestor gaze ?

77. Ce volum ocupă în condiții normale 11 kg bioxid de carbon, 1 kg hidrogen și 16 kg metan ?

78. Să se determine volumul ocupat de 1 mol oxigen la 20° și presiune normală.

79. Cîți moli conține 1 m^3 din oricare gaz în condiții normale ?

80. Ce volum ocupă în condiții normale $27 \cdot 10^{21}$ molecule de gaz ?

81. Cîte molecule sînt în 1 ml hidrogen în condiții normale ?

82. Ce volum ocupă în condiții normale 4 g metan ? Ce cantitate de hidrogen va ocupa același volum în condiții normale ?

83. Numărul de molecule din 1 g hidrogen și 1 g oxigen este același ? Dar cel din 1 l hidrogen și 1 l oxigen în aceleași condiții ? Dar din 1 mol hidrogen și 1 mol oxigen ?

84. Se iau 1 l oxigen la 0° și 760 mm și 1 l bioxid de carbon la 27° și 900 mm. Care dintre ele conține mai multe molecule ? De cîte ori ?

85. Cîte molecule sînt în 1 ml apă la 40° ?

86. Cîți atomi de mercur sînt în 1 ml „vid al lui Toricelli" la 0°, dacă presiunea vaporilor de mercur la această temperatură este 0,000 2 mm ? Vaporii de mercur sînt monoatomici.

87. Un vas închis, al cărui volum este 1 l, conține 0,25 g azot la 0°. Care este presiunea gazului ?

88. Într-un vas cu capacitatea de 1 l se găsesc 0,05 molecule-gram de gaz la 0°. Să se calculeze presiunea gazului.

89. Care este presiunea exercitată la 0° de 6 g oxid de azot NO într-un vas închis cu capacitatea de 2 l ?

90. Cît de mare este presiunea atmosferică pe vîrful Kazbek, dacă 1 l de aer cîntărește acolo 0,7 g la 0° ?

În condiții normale 1 l de aer cîntărește 1,29 g.

91. Un recipient de oțel cu capacitatea de 10 l conține 1 kg oxigen la 0°. La ce presiune se găsește oxigenul ?

92. Un vas cu capacitatea de 7 l conține 0,4 g hidrogen și 3,15 g azot la 0°. Să se determine presiunea parțială a hidrogenului și presiunea totală a amestecului.

5. Greutatea gazelor. Densitatea gazelor

Greutatea oricărui volum de gaz, luat în orice condiții, poate fi calculată plecînd de la greutatea unui litru de gaz în condiții normale *), sau de la greutatea moleculară a gazului.

Exemplul 1. Cît cîntăresc 608 ml oxigen la 25° și 745 mm, dacă 1 l oxigen în condiții normale cîntărește 1,43 g ?

*) Datele se găsesc în tabele.

Scanned with OKEN Scanner

Rezolvare. Se calculează volumul dat al gazului în condiții normale:

$$V_0 = \frac{pV \cdot 273}{p_0 T} = \frac{745 \cdot 608 \cdot 273}{760\ (273+25)} = 546 \text{ ml, sau } 0{,}546 \text{ l.}$$

Se află apoi greutatea (G) a volumului de oxigen calculat mai sus:

$$G = 1{,}43 \cdot 0{,}546 = 0{,}78 \text{ g.}$$

Exemplul 2. Cît cîntărește 1 l oxid de carbon în condiții normale?

Rezolvare. Greutatea moleculară a oxidului de carbon este 28. Prin urmare, în condiții normale, 22,4 l oxid de carbon cîntăresc 28 g. Deci, greutatea unui litru oxid de carbon este

$$28 : 22{,}4 = 1{,}25 \text{ g.}$$

Exemplul 3. Cît cîntăresc 4 l bioxid de carbon, luați la 0° și 665 mm?

Rezolvare. Se calculează volumul bioxidului de carbon în condiții normale:

$$V_0 \cdot 760 = 4 \cdot 665,$$

$$V_0 = \frac{4 \cdot 665}{760} = 3{,}5 \text{ l.}$$

Molecula-gram a bioxidului de carbon cîntărește 44 g. Notînd greutatea căutată cu G, se scrie proporția:

$$G : 44 = 3{,}5 : 22{,}4,$$

de unde

$$G = \frac{44 \cdot 3{,}5}{22{,}4} = 6{,}88 \text{ g.}$$

Raportul dintre greutatea unui gaz dat și greutatea aceluiași volum dintr-un alt gaz, luat la aceeași temperatură și la aceeași presiune, adică numărul care arată de cîte ori primul gaz este mai ușor sau mai greu decît al doilea, se numește densitatea primului gaz în raport cu al doilea.

Notînd densitatea gazului cu d, greutatea primului gaz cu G_1 și greutatea celui de-al doilea cu G_2, se poate scrie:

$$d = \frac{G_1}{G_2}.$$

Scanned with OKEN Scanner

De obicei, densitatea gazului se determină în raport cu hidrogenul, sau în raport cu aerul. Astfel, de exemplu, știind că 1 l bioxid de sulf în condiții normale cîntărește 2,88 g, 1 l hidrogen 0,09 g și 1 l aer 1,29 g, densitatea bioxidului de sulf este:

în raport cu hidrogenul . . . . . $d_{H_2} = \frac{2,88}{0,09} = 32$,

în raport cu aerul . . . . . $d_{aer} = \frac{2,88}{1,29} = 2,23$.

Între densitatea unui gaz și greutatea lui moleculară există o relație foarte simplă. Deoarece volumele egale a două gaze, luate în aceleași condiții, conțin același număr de molecule, greutățile lor trebuie să se raporteze una la alta ca greutățile moleculare. Notînd cu G_1 greutatea primului gaz; G_2 — greutatea celui de-al doilea gaz; M_1 — greutatea moleculară a primului gaz; M_2 — greutatea moleculară a celui de-al doilea gaz, atunci:

$$\frac{G_1}{G_2} = \frac{M_1}{M_2}.$$

Dar $\frac{G_1}{G_2}$ este densitatea primului gaz față de-al doilea, notată mai sus cu d. Prin urmare:

$$d = \frac{M_1}{M_2}.$$

Această relație dă posibilitatea de a găsi densitatea unui gaz în raport cu altul, dacă se cunosc greutățile lor moleculare.

Pentru a folosi această relație la calcularea densității unui gaz în raport cu aerul, care este un amestec de mai multe gaze, trebuie să se cunoască greutatea moleculară medie a aerului, calculată din densitatea aerului față de hidrogen. Această greutate se exprimă prin cifra 29.

Astfel, densitatea gazului în raport cu aerul este:

$$d_{aer} = \frac{M_1}{29}.$$

Dacă $d_{aer} > 1$, gazul este mai greu decît aerul; dacă $d_{aer} < 1$, gazul este mai ușor decît aerul.

Exemplul 4. Să se determine densitatea amoniacului în raport cu aerul.

Rezolvare. Greutatea moleculară a amoniacului este 17, iar greutatea moleculară medie a aerului este 29. Prin urmare, densitatea amoniacului în raport cu aerul este:

$$d_{aer} = \frac{17}{29} = 0{,}59.$$

Exemplul 5. Care este densitatea în raport cu hidrogenul a unui amestec de gaze, care conține (în volume) 75% metan și 25% oxigen?

Rezolvare. Din formula metanului (CH_4) și a oxigenului (O_2) reiese, că greutatea moleculară a metanului este 16, iar greutatea moleculară a oxigenului 32.

Deoarece în amestec, în condițiile problemei, la fiecare 75 molecule CH_4 revin 25 molecule O_2, greutatea moleculară medie a amestecului este

$$\frac{16 \cdot 75 + 32 \cdot 25}{100} = 20.$$

Deoarece greutatea moleculară a hidrogenului este 2, densitatea amestecului în raport cu hidrogenul este:

$$d_{H_2} = \frac{20}{2} = 10.$$

PROBLEME

93. La descompunerea carbonatului de calciu s-au obținut 855 ml bioxid de carbon la 12° și 750 mm. Să se calculeze greutatea gazului obținut.

94. Cunoscînd greutatea moleculară medie a aerului, să se calculeze cît cîntărește 1 m^3 aer în condiții normale.

95. Cît cîntărește 1 l de aer la temperatura de 51° și presiunea 700 mm, dacă în condiții normale greutatea unui litru de aer este 1,29 g?

96. Să se determine greutatea a 20 l clor, care se află în condiții normale.

97. Într-un recipient de oțel cu capacitatea de 20 l se găsește hidrogen. La 12°, presiunea hidrogenului este 125 at. Să se determine greutatea hidrogenului.

98. Un gazometru cu capacitatea de 20 l este umplut cu hidrogen. Presiunea din gazometru este 747 mm la 27°. Să se calculeze greutatea hidrogenului, luînd în considerare faptul că presiunea vaporilor de apă la această temperatură este 27 mm.

99. Într-un cilindru de oțel cu capacitatea de 14 l se găsește oxigen la 0° și 80 at. Să se determine greutatea oxigenului.

100. Cît cîntărește 1 l vapori de benzen C_6H_6 la presiunea normală și la temperatura de 117°?

Scanned with OKEN Scanner

101. Densitatea unui gaz în raport cu hidrogenul este 17. Cît cîntărește 1 l din acest gaz în condiții normale? Care este densitatea gazului în raport cu aerul?

102. Densitatea gazului de iluminat în raport cu aerul este 0,4. Cît cîntărește 1 m^3 gaz de iluminat în condiții normale?

103. Să se calculeze greutatea aerului care umple o cameră cu dimensiunile 5×4×3 m, la presiunea normală și temperatura de 18°.

104. Să se calculeze densitatea în raport cu aerul și greutatea unui litru, în condiții normale, ale următoarelor gaze: N_2; CO; F_2; H_2S.

105. Cît cîntărește 1 l acid bromhidric în condiții normale? Care este densitatea acestui gaz în raport cu aerul?

106. Cunoscînd formula fosgenului $COCl_2$, să se determine greutatea unui litru din acest gaz în condiții normale și densitatea în raport cu hidrogenul și cu aerul.

107. Vaporii de apă sînt mai grei sau mai ușori decît aerul? De cîte ori?

108. Cunoscînd formula bioxidului de carbon, să se determine greutatea unui litru din acest gaz, în condiții normale, și densitatea în raport cu hidrogenul și cu aerul.

109. Să se arate care dintre gazele indicate mai jos sînt mai ușoare ca aerul și de cîte ori: F_2; NH_3; CH_4; NO_2; CO.

110. Să se determine densitatea în raport cu aerul a gazului de apă, știind că acesta este un amestec de hidrogen și oxid de carbon în volume egale.

111. Densitatea unui gaz în raport cu aerul este 1,52. Ce volum vor ocupa în condiții normale 5,5 g din acest gaz?

112. Să se determine densitatea în raport cu hidrogenul și în raport cu aerul a următoarelor gaze și vapori: metan CH_4; protoxid de azot N_2O; vapori de alcool etilic C_2H_5OH; vapori de eter dietilic $(C_2H_5)_2O$.

113. Să se afle densitatea în raport cu aerul a gazului de iluminat care are următoarea compoziție în volume: 48% H_2; 35% CH_4; 8% CO; 4% C_2H_4; 2% CO_2; 3% N_2.

6. Greutatea moleculară a substanțelor în stare gazoasă

Pentru calcularea greutății moleculare a substanțelor care se află în stare gazoasă, trebuie să se cunoască greutatea, volumul, presiunea și temperatura unei cantități oarecare din această substanță. Avînd aceste date, se poate calcula densitatea substanței gazoase, și în raport cu aceasta greutatea moleculară, sau se poate calcula direct greutatea moleculară plecînd de la volumul molecular.

A. Calcularea greutății moleculare a unui gaz sau a vaporilor din densitate. Din relația care exprimă raportul

Scanned with OKEN Scanner

dintre densitatea gazului și greutatea lui moleculară (pag. 25), rezultă că

$$M_1 = d \cdot M_2,$$

adică *greutatea moleculară a unui gaz este egală cu densitatea lui în raport cu alt gaz, înmulțită cu greutatea moleculară a celui de-al doilea gaz.*

Exemplu. Densitatea unui gaz în raport cu aerul este 1,17. Să se determine greutatea moleculară a gazului.

Rezolvare. Înlocuind în ecuația de mai sus pe d cu 1,17 și pe M_2 — greutatea moleculară medie a aerului — cu 29, se obține:

$$M_1 = 1{,}17 \cdot 29 = 34.$$

B. Calcularea greutății moleculare din volumul molecular al gazului sau al vaporilor. Deoarece în condiții normale molecula-gram a oricărui gaz (sau vapori) ocupă un volum de 22,4 l, calculînd cîte grame cîntăresc 22,4 l din gazul dat, se găsește greutatea unei molecule-gram a acestui gaz, greutate care este egală numeric cu greutatea moleculară a gazului.

Exemplu. La 27° și 800 mm, 380 ml gaz cîntăresc 0,455 g. Să se determine greutatea moleculară a gazului.

Rezolvare. Se aduce volumul dat al gazului în condiții normale:

$$V_0 = \frac{800 \cdot 380 \cdot 273}{760 \cdot 300} = 364 \text{ ml}.$$

Prin urmare 0,364 l cîntăresc 0,445 g. Cu aceste date se calculează cît cîntăresc 22,4 l:

$$0{,}364 : 22{,}4 = 0{,}455 : x,$$

$$x = \frac{22{,}4 \cdot 0{,}455}{0{,}364} = 28 \text{ g}.$$

Greutatea moleculară a gazului este 28.

PROBLEME

114. Densitatea etilenei în raport cu oxigenul este 0,875. Să se determine greutatea moleculară a etilenei.

115. La o temperatură oarecare, densitatea vaporilor de sulf în raport cu azotul este 9,14. Din cîți atomi este formată o moleculă de sulf la această temperatură?

Scanned with OKEN Scanner

116. Din cîți atomi este formată molecula vaporilor de mercur, dacă densitatea vaporilor săi în raport cu aerul este 6,92 (greutatea atomică a mercurului este 200,6) ?

117. Densitatea vaporilor de fosfor în raport cu aerul este 4,28. Din cîți atomi este formată o moleculă de fosfor în stare de vapori ?

118. În condiții normale, 1 l de ozon cîntărește 2,143 g. Să se determine greutatea moleculară a ozonului și densitatea lui în raport cu aerul.

119. La cîntărirea acetilenei s-a găsit că 200 ml cîntăresc în condiții normale 0,232 g. Să se determine greutatea moleculară a acetilenei.

120. În condiții normale, 250 ml dintr-un gaz oarecare cîntăresc 0,903 g Să se determine densitatea gazului în raport cu aerul și greutatea lui moleculară.

121. În condiții normale, 1 l dintr-un gaz oarecare cîntărește 1,52 g, iar 1 l de azot, 1,25 g. Să se calculeze greutatea moleculară a gazului, plecînd de la : a) densitatea lui în raport cu azotul ; b) volumul molecular.

122. La 17° și 780 mm, 624 ml dintr-un gaz cîntăresc 1,56 g. Să se calculeze greutatea moleculară a acestui gaz.

123. Să se găsească greutatea moleculară a unei substanțe, știind că 380 ml de vapori cîntăresc 1,9 g la 97° și 740 mm

7. Ecuația de stare a gazelor și aplicarea ei în calcule

În ecuația de stare a gazelor, arătată mai înainte :

$$pV = \frac{p_0 V_0 \cdot T}{273},$$

mărimea $\frac{p_0 V_0}{273}$ depinde atît de masa gazului luat, cît și de natura sa (pentru aceeași masă de gaze diferite, V_0 are valoare diferită). Însă dacă ecuația arătată se referă la o cantitate de gaz egală cu o moleculă-gram, atunci mărimea $\frac{p_0 V_0}{273}$ va fi egală pentru toate gazele, deoarece o moleculă-gram a oricărui gaz ocupă în condiții normale același volum ($V_0 = 22{,}4$ l). În aceste condiții, valoarea $\frac{p_0 V_0}{273}$ se numește *constanta universală a gazului* și se notează cu litera R.

Introducînd valoarea R în ecuația anterioară, se obține ecuația care se referă la o moleculă-gram de gaz :

$$pV = RT.$$

Această ecuație se numește ecuația de stare a gazelor. Pentru n molecule-gram de gaz, ecuația are forma:

$$pV = n \cdot RT.$$

Scanned with OKEN Scanner

Dar numărul moleculelor-gram de gaz este egal cu greutatea sau masa gazului *(m)*, exprimată în grame, împărțită la greutatea moleculară a gazului *(M)*:

$$n = \frac{m}{M}.$$

Înlocuind în ecuația anterioară pe n cu $\frac{m}{M}$ se obține:

$$pV = \frac{m}{M} \cdot RT.$$

Această ecuație dă posibilitatea să se calculeze valoarea oricărei mărimi, dacă celelalte sînt cunoscute.

Valoarea numerică a lui R depinde de unitățile de măsură în care sînt exprimate volumul și presiunea. Dacă volumul V_0 este exprimat în litri, iar presiunea p_0 în atmosfere, R va fi egal cu 0,082:

$$R = \frac{1 \cdot 22{,}4}{273} = 0{,}082 \text{ l} \cdot \text{at/grd}.$$

Exprimînd volumul în mililitri și presiunea în milimetri coloană de mercur, se obține pentru R valoarea 62 400:

$$R = \frac{760 \cdot 22\,400}{273} \approx 62\,400 \text{ mm} \cdot \text{ml/grd}.$$

Trebuie remarcat faptul că ecuația de stare a gazelor se aplică în calcule în cazul cînd presiunea și temperatura gazului diferă de cele normale. Dacă gazul se află în condiții normale, este mai simplu și mai ușor de calculat greutatea, volumul sau greutatea lui moleculară, plecînd direct de la volumul molecular.

Exemplul 1. Să se calculeze greutatea moleculară a benzenului, știind că 600 ml din vaporii lui cîntăresc 1,3 g, la 87° și 624 mm.

Rezolvare. Din ecuația de stare a gazelor, raportată la orice cantitate de gaz, se determină M:

$$M = \frac{m \cdot RT}{pV}.$$

Înlocuind literele din această ecuație cu valorile date în condițiile problemei, se obține:

$$M = \frac{1{,}3 \cdot 62\,400 \cdot 360}{624 \cdot 600} = 78.$$

Scanned with OKEN Scanner

Exemplul 2. Un cilindru de oţel cu capacitatea de 20,5 l este umplut cu oxigen. La 17°, presiunea din cilindru este 87 at. Să se afle greutatea oxigenului.

Rezolvare. Din ecuaţia de stare a gazelor, greutatea gazului este :

$$m = \frac{pV \cdot M}{RT}.$$

Din condiţiile problemei, $p = 87$ at, $V = 20{,}5$ l, $T = 273 + 17 = 290°$. Greutatea moleculară a oxigenului este 32. Înlocuind aceste date în formulă şi luînd în considerare faptul că volumul este exprimat în litri, iar presiunea în atmosfere (prin urmare $R = 0{,}082$), se obţine:

$$m = \frac{87 \cdot 20{,}5 \cdot 32}{0{,}082 \cdot 290} = 2\,400 \text{ g}.$$

PROBLEME

124. La temperatura de 39° şi presiunea de 741 mm, 640 ml dintr-un gaz cîntăresc 1,73 g. Să se determine greutatea moleculară a gazului.

125. Cît cîntăreşte 1 m^3 de aer la 17° şi 624 mm ?

126. Să se calculeze greutatea a 1 m^3 bioxid de carbon la 27° şi 1,5 at.

127. Un rezervor de gaz cu capacitatea de 20 l este plin cu gaz de iluminat. Densitatea acestui gaz în raport cu aerul este 0,4, presiunea 1,025 at, temperatura 17°. Să se calculeze greutatea gazului de iluminat.

128. Ce volum ocupă 1 kg de aer la 17° şi 1 at ?

129. Să se determine volumul ocupat de 80 g oxigen la 17° şi 1,5 at.

130. Un balon cu capacitatea de 750 ml, umplut cu oxigen, cîntăreşte 83,3 g la 27°. Greutatea balonului gol este 82,1 g. Să se determine presiunea oxigenului.

131. Ce volum ocupă 1 kg bioxid de carbon la —9° şi 1,64 at ?

132. Să se calculeze greutatea moleculară a cloroformului, ştiind că 350 ml de vapori, la 91° şi 728 mm, cîntăresc 1,34 g.

133. Care este greutatea moleculară a acetonei, ştiind că 500 ml vapori de acetonă cîntăresc 0,93 g la 87° şi 720 mm.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL III

DETERMINAREA GREUTĂȚILOR ATOMICE

La calcularea greutăților atomice se ia ca unitate de greutate 1/16 din greutatea atomului de oxigen. Această unitate de măsură a greutății atomice se numește *unitate de oxigen:*

$$1 \text{ g} = 6{,}02 \cdot 10^{23} \text{ unități de oxigen.}$$

Greutatea atomică a unui element este greutatea unui atom al său, exprimată în unități de oxigen.

Prin analogie, *greutatea moleculară a unei substanțe poate fi definită ca greutatea uneia dintre moleculele sale, exprimată în unități de oxigen.*

1. Determinarea greutăților atomice ale elementelor din greutățile moleculare ale combinațiilor lor

Pentru determinarea greutății atomice după această metodă, se află mai întîi greutatea moleculară a unui număr cît se poate de mare de compuși ai elementului dat. Determinînd apoi compoziția în greutate a acelorași compuși, se calculează cîte unități de oxigen cîntărește cantitatea elementului, conținut în fiecare moleculă din compușii săi. Cea mai mică dintre aceste cantități se ia ca greutate atomică a elementului, cu condiția ca toate celelalte cantități să fie multiplii ei.

Exemplu. Să se determine greutatea atomică a fosforului, plecînd de la compoziția în greutate și de la greutatea moleculară a următorilor compuși ai săi :

Denumirea compușilor	Greutatea moleculară	Conținutul în fosfor %
Pentoxid de fosfor (Anhidridă fosforică)	284	43,66
Fosfină	34	91,18
Acid pirofosforic	178	34,83
Anhidridă fosforoasă	220	56,36

Rezolvare. Se calculează cîte unități de oxigen cîntărește cantitatea de fosfor care intră în compoziția unei molecule din fiecare compus enumerat.

O moleculă de pentoxid de fosfor cîntărește 284 unități de oxigen, din care fosforului îi revine 43,66%. Prin urmare, fosforul care intră în compoziția unei molecule de pentoxid de fosfor cîntărește:

$$\frac{284 \cdot 43,66}{100} = 124 \text{ unități de oxigen.}$$

La fel se găsește cantitatea de fosfor din moleculele celorlalți compuși:

în fosfină . . . . . 31 unități de oxigen;
în acid pirofosforic . . . . . 62 unități de oxigen;
în anhidridă fosforoasă . . . . . 124 unități de oxigen.

Din datele de mai sus se vede că molecula de fosfină conține cantitatea cea mai mică de fosfor și este egală cu 31 unități de oxigen. Acest număr reprezintă greutatea atomică a fosforului.

2. Determinarea greutăților atomice din căldura atomică

Produsul dintre greutatea atomică și căldura specifică*) a unui element se numește căldura atomică.

Căldura atomică a majorității substanțelor simple solide este aproximativ aceeași și egală în medie cu 6,3 (regula lui Dulong și Petit).

Rezultă de aici că, determinînd căldura specifică a unei substanțe simple și împărțind 6,3 la valoarea acesteia, se ob-

*) Cantitatea de căldură (în calorii mici) necesară pentru a ridica temperatura unui gram dintr-o substanță cu un grad, se numește căldură specifică.

ține o mărime apropiată de greutatea atomică a elementului respectiv :

$$\text{greutatea atomică} = \frac{6{,}3}{\text{căldura specifică}}.$$

Exemplul 1. Căldura specifică a zincului este 0,093. Să se calculeze greutatea atomică aproximativă a zincului *(A)*.

Rezolvare.

$$A = \frac{6{,}3}{0{,}093} = 67{,}7.$$

Greutatea atomică exactă a zincului este 65,38.

Metodele descrise nu permit decît găsirea greutăților atomice aproximative. Pentru a stabili greutatea atomică exactă a unui element, trebuie să se cunoască echivalentul elementului, care se determină cu mare precizie pe cale experimentală. Între echivalentul unui element și greutatea lui atomică există relația următoare : greutatea atomică este egală cu echivalentul elementului, înmulțit cu valența aceluiași element :

$$\text{greutatea atomică} = \text{echivalentul} \times \text{valența}.$$

Deoarece valența se exprimă întotdeauna printr-un număr întreg, împărțind greutatea atomică aproximativă prin echivalent și rotunjind cîtul obținut la numărul întreg cel mai apropiat, se găsește valența elementului. Înmulțind apoi echivalentul cu valența, se obține valoarea exactă a greutății atomice.

Exemplul 2. Oxidul de titan conține 59,95% titan. Căldura specifică a titanului este 0,13. Să se determine greutatea atomică exactă a titanului.

Rezolvare 1. Plecînd de la regula lui Dulong și Petit, se găsește greutatea atomică aproximativă a titanului *(A)* :

$$A = \frac{6{,}3}{0{,}13} = 48{,}5.$$

2. Se calculează în mod obișnuit echivalentul titanului *(E)* din proporția :

$$59{,}95 : 40{,}05 = E : 8,$$

$$E = \frac{59{,}95 \cdot 8}{40{,}05} = 11{,}975.$$

3. Se determină valența titanului prin împărțirea greutății atomice aproximative la echivalent:

$$\frac{48,5}{11,975} = 4,05.$$

Valența titanului este 4.

4. Se calculează greutatea atomică exactă a titanului, înmulțind echivalentul cu valența:

$$11,975 \cdot 4 = 47,9.$$

Greutatea atomică exactă a titanului este 47,90.

PROBLEME

134. Să se exprime în unități de oxigen greutatea carbonului care intră în compoziția fiecărei molecule a următorilor compuși:

Denumirea compușilor	Greutatea moleculară	Conținutul în carbon %
Glucoză	180	40
Acid tartric	150	32
Alcool propilic	60	80

135. Anilina conține 77,4% carbon. Greutatea moleculară a anilinei este 93. Să se calculeze cîte unități de oxigen cîntăresc atomii de carbon dintr-o moleculă de anilină și să se determine numărul acestora într-o moleculă.

136. Densitatea vaporilor de toluen în raport cu hidrogenul este 46, iar conținutul de carbon din acești vapori, în procente de greutate, este 91,3%. Să se determine cîți atomi de carbon intră în compoziția unei molecule de toluen.

137. Să se calculeze numărul atomilor de clor dintr-o moleculă de cloroform, cunoscîndu-se următoarele date: densitatea vaporilor de cloroform în raport cu aerul este 4,12, conținutul de clor în procente de greutate este 89,1%, greutatea atomică a clorului este 35,5.

138. Să se determine greutatea atomică a vanadiului, cunoscîndu-se compoziția în greutate și greutatea moleculară a următorilor compuși ai vanadiului:

Denumirea compușilor	Greutatea moleculară	Conținutul în vanadiu %
Oxid de vanadiu	67	76,1
Anhidridă vanadică	182	56,0
Trifluorură de vanadiu	108	47,2
Sulfură de vanadiu	198	51,5

Scanned with OKEN Scanner

139. Să se calculeze greutatea atomică a siliciului, cunoscîndu-se compoziția în greutate și densitatea în raport cu hidrogenul a următorilor compuși gazoși ai siliciului :

Denumirea compușilor	Densitatea în raport cu hidrogenul	Conținutul în siliciu %
Monosilan	16	87,5
Disilan	31	90,3
Trisilan	46	91,3
Fluorură de siliciu	52	26,9

140. Să se stabilească greutatea atomică a sulfului, cunoscîndu-se densitatea în raport cu hidrogenul și compoziția în greutate a următorilor compuși ai sulfului :

Denumirea compușilor	Densitatea în raport cu hidrogenul	Conținutul în sulf %
Hidrogen sulfurat	17	94,1
Bioxid de sulf	32	50,0
Sulfură de carbon	38	84,2
Protoclorură de sulf	67,5	47,4
Oxisulfură de carbon	30	53,3

141. Folosind tabela greutăților atomice, să se calculeze căldura atomică a următoarelor metale :

metalul	Al	Ca	Ni	Hg	Cd
căldura specifică	0,22	0,15	0,11	0,03	0,06

142. Care metal are căldura specifică mai mare : plumbul sau staniul ? Să se confirme răspunsul prin calcul.

143. Să se determine greutatea atomică exactă a wolframului, știind că echivalentul lui este egal cu 30,65, iar căldura specifică 0,035.

144. Echivalentul unui metal este 23,24, iar căldura specifică este 0,09. Să se determine greutatea atomică exactă a metalului.

145. Oxidul de nichel conține 70,97% Ni. Căldura specifică a nichelului este 0,11. Să se determine greutatea atomică exactă a nichelului.

146. La oxidarea a 2,28 g metal s-au format 3,78 g oxid. Căldura specifică a metalului este 0,25. Să se afle greutatea atomică exactă a metalului.

147. Clorura unui metal conține 44,76% clor, iar căldura specifică a metalului este 0,074. Să se afle greutatea atomică exactă a metalului.

148. Sulfura unui metal conține 64,72% metal. Căldura specifică a metalului este 0,11. Să se determine greutatea atomică exactă a metalului, știind că echivalentul sulfului este 16.

Scanned with OKEN Scanner

149. La dizolvarea a 2 g metal în acid sulfuric s-au obținut 4,51 g sulfat. Căldura specifică a metalului este 0,057. Să se determine valența metalului și greutatea atomică exactă.

150. Cantitatea de 1,48 g dintr-un metal oarecare, înlocuiește într-un acid 0,589 l hidrogen, calculat în condiții normale. Căldura specifică a metalului este 0,11. Să se afle greutatea atomică exactă a metalului.

151. La calcinarea a 2 g metal s-au obținut 2,539 g oxid, în care metalul este tetravalent. Să se calculeze din aceste date greutatea atomică a metalului.

152. Oxidul unui element pentavalent conține 56,33% oxigen. Să se calculeze greutatea atomică a elementului.

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL IV

STABILIREA FORMULELOR CHIMICE

Formula chimică a unei substanţe arată din cîte elemente este formată substanţa dată şi cîţi atomi din fiecare element intră în compoziţia moleculei sale.

Formulele pot fi brute sau empirice şi reale sau moleculare.

Formula brută (elementară) exprimă compoziţia atomică cea mai simplă a moleculelor unei substanţe care corespunde raporturilor în greutate a elementelor componente.

Formula moleculară (reală) arată numărul real al atomilor din moleculă.

1. Stabilirea formulelor elementare

Pentru deducerea formulei brute a unei substanţe compuse este suficient să se cunoască compoziţia în greutate şi greutăţile atomice ale elementelor care o compun.

Exemplul 1. Să se afle formula oxidului de crom, care conţine 68,4% crom şi 31,6% oxigen (greutatea atomică a cromului este 52).

Rezolvare. Se notează numărul atomilor de crom dintr-o moleculă de oxid cu x, iar numărul atomilor de oxigen cu y. Deoarece atomul de crom cîntăreşte 52 unităţi de oxigen, iar atomul de oxigen 16 unităţi de oxigen, greutatea totală a atomilor de crom, conţinuţi într-o moleculă, va fi $52x$, iar a atomilor de oxigen $16y$. Raportul acestor greutăţi exprimă compoziţia moleculei oxidului de crom şi, prin urmare, şi compoziţia întregii substanţe. Pe de altă parte, aceeaşi compoziţie se exprimă prin raportul 68,4 : 31,6.

Egalînd ambele rapoarte, se obține proporția :

$$52x : 16y = 68,4 : 31,6.$$

Se elimină coeficienții lui x și y prin împărțirea primilor membri ai proporției la coeficientul lui x și a celorlalți la coeficientul lui y :

$$x : y = \frac{68,4}{52} : \frac{31,6}{16} = 1,32 : 1,98.$$

Proporția obținută arată că într-o moleculă de oxid de crom, la 1,32 atomi de crom revin 1,98 atomi de oxigen. Dar într-o moleculă poate fi conținut numai un număr întreg de atomi. Pentru a exprima raportul $x : y$ prin numere întregi, se împart ambii membri ai celui de-al doilea raport la cel mai mic dintre ei :

$$x : y = \frac{1,32}{1,32} : \frac{1,98}{1,32} = 1 : 1,5.$$

Apoi se înmulțesc ambii membri ai celui de-al doilea raport cu 2 și se găsește în cele din urmă :

$$x : y = 2 : 3$$

Astfel, într-o moleculă de oxid de crom, la fiecare 2 atomi de crom revin 3 atomi de oxigen. Această condiție este îndeplinită de o serie de formule : Cr_2O_3 ; Cr_4O_6 ; Cr_6O_9 etc. Deoarece greutatea moleculară a oxidului de crom nu este cunoscută, nu se poate spune care dintre aceste formule exprimă compoziția reală a moleculei. Admițînd pentru x și y valorile întregi cele mai mici ($x=2$, $y=3$), se obține cea mai simplă formulă a oxidului de crom Cr_2O_3.

Calculul formulei brute se face identic și în cazul cînd substanța constă nu din două, ci din trei sau mai multe elemente.

Exemplul 2. Prin arderea completă a 2,66 g dintr-o substanță oarecare, s-au obținut 1,54 g bioxid de carbon și 4,48 g bioxid de sulf. Să se stabilească formula substanței.

Rezolvare. Compoziția produselor de ardere arată că substanța arsă este formată din carbon și sulf. În afară de aceste două elemente, în compoziția substanței ar putea să intre și oxigen.

Pentru a găsi formula cea mai simplă a substanței, trebuie să se determine raportul în greutate al elementelor com-

Scanned with OKEN Scanner

ponente. Deoarece carbonul substanței care se arde intră în compoziția bioxidului de carbon, calculînd cîte grame de carbon sînt conținute în 1,54 g bioxid de carbon, se determină conținutul acestuia în 2,66 g substanță supusă arderii.

Molecula-gram de bioxid de carbon cîntărește 44 g și conține 12 g carbon. Cantitatea de carbon *(x)*, conținută în 1,54 g CO_2, se determină din proporția :

$$44 : 12 = 1{,}54 : x,$$

$$x = \frac{12 \cdot 1{,}54}{44} = 0{,}42 \text{ g}.$$

Calculînd în mod analog, se găsește că 4,48 g bioxid de sulf conțin 2,24 g sulf.

Prin urmare, în substanța supusă arderii, la 0,42 g carbon revin 2,24 g sulf. Deoarece suma acestor două greutăți este egală cu greutatea totală a substanței care s-a ars (0,42+2,24=2,66), este clar că substanța nu a conținut oxigen.

Din datele obținute se calculează ca și în exemplul 1, raportul dintre numărul atomilor de carbon *(x)* și sulf *(y)* din molecula de substanță supusă arderii :

$$x : y = \frac{0{,}42}{12} : \frac{2{,}24}{32} = 0{,}035 : 0{,}070 = 1 : 2.$$

Astfel, cea mai simplă formulă a substanței este : CS_2.

2. Stabilirea formulelor reale

Pentru a stabili formula reală a unei substanțe compuse, trebuie să cunoaștem și greutatea moleculară a substanței în afară de compoziția ei.

Exemplu. Analiza acidului acetic arată că la 2,1 părți în greutate de carbon, revin 0,35 părți în greutate de hidrogen și 2,8 părți în greutate de oxigen. Densitatea vaporilor acidului acetic în raport cu hidrogenul este 30; prin urmare, greutatea sa moleculară este 30 × 2 = 60. Să se stabilească formula moleculară a acidului acetic.

Rezolvare. Ca și în cazul precedent, se calculează la început raportul dintre numărul atomilor de carbon *(x)*, hidrogen *(y)* și oxigen *(z)* dintr-o moleculă de acid acetic ($C_x H_y O_z$):

$$x : y : z = \frac{2{,}1}{12} : \frac{0{,}35}{1} : \frac{2{,}8}{16} = 0{,}175 : 0{,}35 : 0{,}175.$$

Scanned with OKEN Scanner

Împărțind toți termenii din partea dreaptă a egalității cu 0,175, se obține :

$$x : y : z = 1 : 2 : 1.$$

Cea mai simplă formulă a acidului acetic este deci : CH_2O. Se calculează apoi care ar fi greutatea moleculară a acidului acetic, dacă formula cea mai simplă ar corespunde compoziției reale a moleculelor sale. Se obține numărul 30. Dar greutatea moleculară găsită experimental este 60, adică de două ori mai mare decît cea calculată. De aici se deduce că într-o moleculă de acid acetic sînt de două ori mai mulți atomi decît arată formula cea mai simplă. Prin urmare, formula reală (moleculară) este $C_2H_4O_2$.

Formulele reale ale multor substanțe gazoase care reacționează cu alte gaze pot fi stabilite, de asemenea, prin măsurarea volumelor și determinarea compoziției produșilor gazoși ai reacției (v. cap. II, 3).

În multe cazuri, formula brută este în același timp și cea reală. De exemplu, formula brută a sulfurii de carbon CS_2 corespunde greutății moleculare a sulfurii de carbon (76) găsită experimental și, prin urmare, exprimă compoziția reală a moleculelor sale.

PROBLEME

153. Să se stabilească formula oxidului de vanadiu, știind că 2,73 g oxid conține 1,53 g metal.

154. Să se stabilească formula brută a unei substanțe care conține 63,64% azot și 36,36% oxigen.

155. Să se stabilească formula brută a unei substanțe în a cărei compoziție intră hidrogen, carbon, oxigen și azot în raporturile de greutate 1 : 3 : 4 : 7.

156. Să se determine formula brută a substanței care conține 43,4% Na, 11,3% C și 45,3% O.

157. Să se stabilească formula brută a cristalohidratului de clorură de calciu, știind că 7,3 g cristale pierd prin deshidratare 3,6 g apă.

158. Să se determine formula cristalohidratului de carbonat de sodiu, știind că la calcinarea a 14,3 g cristale se obțin 5,3 g carbonat de sodiu anhidru Na_2CO_3.

159. Să se stabilească formula cristalohidratului care conține 9,8% Mg, 13% S, 26% O și 51,2% apă.

160. Cristalohidratul unei sări oarecare conține 18,6% Na, 25,8% S, 19,4% O și 36,2% apă. Să se stabilească formula cristalohidratului.

161. Care este formula brută a silicatului, care conține 40% MgO și 60% SiO_2 ?

Scanned with OKEN Scanner

162. Să se determine formula mineralului, care conţine 73% ZnO şi 27% SiO_2.

163. Să se determine formula moleculară a unei substanţe, care conţine 93,75% C şi 6,25% H, dacă densitatea vaporilor acestei substanţe în raport cu aerul este 4,41.

164. Să se stabilească formula moleculară a unei substanţe în care la 1 parte în greutate de hidrogen, revin 6 părţi în greutate de carbon şi 8 părţi în greutate de oxigen, ştiind că greutatea moleculară a substanţei este 180.

165. Să se determine formula moleculară a unei substanţe, care conţine 84,2% S şi 15,8% C. Densitatea vaporilor acestei substanţe, în raport cu aerul este 2,62.

166. Să se stabilească formula moleculară a acidului butiric, care conţine 54,5% C, 36,4% O şi 9,1% H, dacă densitatea vaporilor lui în raport cu aerul este 44.

167. Să se determine formula moleculară a anilinei, care conţine 77,4% C, 7,5% H şi 15,1% N. Densitatea vaporilor de anilină în raport cu aerul este 3,21.

168. Prin arderea unei substanţe organice, compusă din carbon, hidrogen şi sulf, s-au obţinut 2,64 g bioxid de carbon, 1,62 g apă şi 1,92 g bioxid de sulf. Să se determine formula acestei substanţe.

169. Prin arderea a 4,3 g hidrocarbură s-au format 13,2 g bioxid de carbon. Densitatea vaporilor de hidrocarbură în raport cu hidrogenul este 43. Să se stabilească formula moleculară a hidrocarburii.

170. Prin arderea a 6,2 g hidrură de siliciu s-au obţinut 12 g bioxid de siliciu SiO_2. Densitatea hidrurii de siliciu în raport cu aerul este 2,14. Să se stabilească formula moleculară a hidrurii de siliciu.

171. Prin arderea completă a 13,8 g substanţă organică s-au obţinut 26,4 g bioxid de carbon şi 16,2 g apă. Densitatea vaporilor acestei substanţe în raport cu hidrogenul este 23. Să se stabilească formula moleculară a substanţei.

172. Pentru stabilirea formulei bioxidului de carbon gazos, 5 ml din acesta s-au amestecat cu 12 ml oxigen, iar amestecul a fost explodat în eudiometru *). După condensarea vaporilor de apă formaţi, volumul restului de gaze (bioxidul de carbon şi excesul de oxigen) era de 7 ml, iar după tratarea sa cu alcalii pentru absorbţia bioxidului de carbon s-a micşorat pînă la 2 ml. Toate măsurătorile s-au făcut în aceleaşi condiţii. Să se afle formula hidrocarburii.

173. Prin explozia a 1 volum de gaz oarecare cu 2 volume oxigen se formează 2 volume bioxid de carbon şi 1 volum azot. Să se găsească formula gazului necunoscut.

---

*) Eudiometrul este un tub de sticlă cu gradaţii, închis la un capăt şi cufundat în mercur cu celălalt capăt.

CAPITOLUL V

VALENȚA. STABILIREA FORMULELOR DUPĂ VALENȚĂ

Valența unui element se numește capacitatea atomilor săi de a lega (sau de a înlocui în moleculele diferiților compuși) un număr determinat de atomi ai altor elemente. Ca măsură a valenței servește numărul atomilor de hidrogen pe care un atom al elementului dat îi poate lega sau înlocui. Atomul unui element monovalent se combină întotdeauna sau înlocuiește numai un atom al altui element monovalent; atomul unui element bivalent poate lega sau înlocui doi atomi ai unui element monovalent sau un atom al altui element bivalent etc. De aceea, ne putem da seama despre valența unui element după compoziția compușilor săi nu numai cu hidrogenul, ci și cu oricare alt element, a cărui valență este cunoscută. De exemplu, în compusul Na_2S sulful este bivalent, deoarece un atom al său este legat cu doi atomi ai elementului monovalent, sodiu.

În sfîrșit, valența unui element dintr-un compus dat se poate determina din relația dintre greutatea atomică a elementului, echivalentul său și valență:

$$\text{valența} = \frac{\text{greutate atomică}}{\text{echivalent}}.$$

Cunoașterea valenței elementelor permite stabilirea rapidă a formulelor compușilor chimici, formați din două elemente.

În cazul cel mai simplu, cînd unul dintre elementele care formează compusul este monovalent, valența celui de-al doilea element arată direct cîți atomi din primul element revin la un atom din cel de-al doilea, în molecula compusului dat.

Scanned with OKEN Scanner

De exemplu, știind că aluminiul este trivalent, iar clorul în combinațiile cu metalele este întotdeauna monovalent, se poate scrie imediat formula clorurii de aluminiu : $AlCl_3$.

În cazurile mai complicate, pentru stabilirea formulelor compușilor, trebuie ales numărul atomilor fiecărui element astfel, încît produsul dintre numărul atomilor unui element și valența lui să fie egal cu produsul dintre numărul atomilor celui de-al doilea element și valența sa. Cu alte cuvinte, trebuie să se determine cel mai mic multiplu al valențelor ambelor elemente. Cîtul împărțirii acestuia la valența fiecărui element dă numărul atomilor săi în molecula compusului dat.

Exemplul 1. Să se găsească formula anhidridei clorice, știind că în această substanță clorul este heptavalent, iar oxigenul bivalent.

Rezolvare. Se află cel mai mic multiplu al numerelor 2 și 7, care este 14. Împărțind 14 la 7 se găsește numărul atomilor de clor dintr-o moleculă de anhidridă clorică. Împărțirea lui 14 la 2 dă numărul atomilor de oxigen. Formula anhidridei clorice este : Cl_2O_7.

Exemplul 2. Să se stabilească formula sulfurii de bismut, știind că bismutul este trivalent, iar sulful în combinațiile sale cu metalele este bivalent.

Rezolvare. Deoarece cel mai mic multiplu comun al numerelor 2 și 3 este 6, numărul atomilor de bismut dintr-o moleculă a sulfurii sale este 3, iar numărul atomilor de sulf, 2. Formula sulfurii de bismut este : Bi_2S_3.

PROBLEME

174. Să se afle valența manganului din compușii

$$MnS,\ Mn_2O_3,\ MnO_2,\ Mn_2O_7,$$

și valența cromului din compușii

$$Cr_2S_3 \text{ și } CrO_3.$$

175. Să se determine valența nichelului din oxidul de nichel, știind că echivalentul său în acest compus este 19,56 (greutatea atomică a nichelului este 58,69).

176. Să se indice valența metalelor din următorii compuși :

$$Li_2O,\ SnO_2,\ Mn_2O_7,\ CdS,\ PbCl_2,\ CrCl_3.$$

Scanned with OKEN Scanner

177. Să se determine valența clorului din următorii acizi, avînd în vedere că valența lui este aceeași ca și în anhidridele corespunzătoare acestor acizi :

$$HClO,\ HClO_2,\ HClO_3,\ HClO_4.$$

178. Să se determine valența sulfului în H_2SO_4, valența manganului în $HMnO_4$ și valența siliciului în $H\,SiO_3$, avînd în vedere că valențele lor sînt aceleași ca și în anhidridele corespunzătoare acestor acizi.

179. Să se determine valența iodului în compusul care conține la 25,4 părți în greutate de iod, 0,2 părți în greutate de hidrogen și 12,3 părți în greutate de oxigen.

180. Clorura unui metal conține 69% clor. Greutatea atomică a metalului este 47,9. Să se afle valența metalului în acest compus.

181. Să se găsească echivalenții metalelor din următorii compuși :

$$Ag_2O,\ Fe_2(SO_4)_3,\ FeCl_2,\ V_2S_5,\ Cd_3(PO_4)_2.$$

182. Să se determine echivalentul clorului din compusul care conține 38,8% Cl și 61,2% O. După găsirea echivalentului, să se stabilească valența clorului din acest compus.

183 Să se stabilească formulele oxizilor următoarelor elemente (valența este indicată prin cifre romane):

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Ag,	Ba,	Al,	Ti,	Nb,	Mo,	J,	Os.

184. Folosind tabela sistemului periodic, să se scrie formulele oxizilor superiori ai vanadiului, cromului și manganului.

185. Să se stabilească formulele clorurilor și sulfurilor manganului bivalent, ale staniului tetravalent și ale stibiului pentavalent.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL VI

CLASIFICAREA COMPUȘILOR ANORGANICI

Compușii anorganici se împart în cinci clase principale: oxizi, acizi, baze, hidroxizi amfoteri și săruri.

1. Oxizii

Oxizi se numesc toți compușii care sînt formați din oxigen și un element oarecare. Dacă elementul formează cu oxigenul numai un singur compus, acest compus se numește *oxid*, iar dacă dă naștere la doi oxizi, cel inferior (care conține comparativ mai puțin oxigen) se numește *protoxid*, iar cel superior *oxid* sau *peroxid*. Oxizii, în care unui atom al unui element îi revin doi sau mai mulți atomi de oxigen, se numesc de obicei *bioxizi*, *trioxizi* etc.

Majoritatea oxizilor formează cu apa, direct sau indirect, compuși, care se numesc *hidrați ai oxizilor* sau *hidroxizi*. Aproape toți hidroxizii se descompun prin încălzire în oxizi și apă.

În funcție de proprietățile lor, hidroxizii fac parte din clasa acizilor sau din clasa bazelor. În afară de aceasta, există hidroxizi, care au în același timp și proprietățile acizilor și proprietățile bazelor; ei se numesc *hidroxizi amfoteri*. În legătură cu aceasta, oxizii care formează hidrați, se împart în trei grupe: acizi, bazici și amfoteri.

A. Oxizi acizi. Se numesc oxizi acizi, oxizii ai căror hidrați sînt acizi. Aceștia sînt în primul rînd oxizii metaloizilor, cu toate că unii oxizi superiori ai metalelor sînt de asemenea acizi (de exemplu, CrO_3, Mn_2O_7, etc.). Mulți oxizi acizi se combină direct cu apa, formînd acizi, de exemplu:

$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$

Hidraţii altor oxizi acizi se obţin indirect.

Oxizii acizi se numesc de obicei anhidride ale acizilor corespunzători (de exemplu, P_2O_5 — anhidrida acidului fosforic sau simplu, anhidrida fosforică).

Caracteristica principală a oxizilor acizi este proprietatea lor de a reacţiona cu alcaliile, formînd săruri. De exemplu :

$$CO_2 + 2NaOH = Na_2CO_3 + H_2O,$$

De regulă, acizii nu reacţionează cu oxizii acizi.

B. Oxizii bazici. Din această grupă fac parte oxizii ai căror hidraţi sînt baze. Oxizii bazici sînt formaţi numai de metale. Numai oxizii metalelor celor mai active (K, Na, Ca etc.) se combină direct cu apa, formînd baze solubile în apă — alcaliile. Majoritatea oxizilor bazici nu reacţionează cu apa. Bazele corespunzătoare lor se obţin indirect şi sînt insolubile în apă.

Toţi oxizii bazici reacţionează cu acizii formînd săruri (însă nu reacţionează cu alcaliile), de exemplu :

$$MgO + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2O.$$

C. Oxizii amfoteri. Aceşti oxizi au în acelaşi timp şi proprietăţile oxizilor acizi şi ale celor bazici. Ei reacţionează şi cu acizii şi cu alcaliile, formînd săruri.

Deoarece toţi oxizii celor trei grupe arătate au proprietatea de a forma săruri, de multe ori sînt indicaţi printr-o denumire comună de *oxizi salini.*

D. Oxizii indiferenţi. În afară de oxizii care formează săruri, se cunoaşte un număr mic de oxizi, care nici direct, nici indirect, nu formează hidraţi şi nu reacţionează nici cu acizii şi nici cu bazele. Astfel de oxizi se numesc *indiferenţi.* Ca exemplu poate servi oxidul de azot NO.

E. Peroxizii. Un grup special de oxizi îl formează aşa-numiţii peroxizi. Aceştia sînt combinaţiile cîtorva metale cu oxigenul, care (după compoziţia lor) pot fi trecuţi numai formal în clasa oxizilor, căci în realitate sînt săruri ale peroxidului de hidrogen. De exemplu : Na_2O_2 — peroxidul de sodiu, BaO_2 — peroxidul de bariu etc.

2. Acizii

Combinîndu-se cu apa, oxizii metaloizilor formează substanţe care fac parte din clasa acizilor.

Scanned with OKEN Scanner

Majoritatea acizilor sînt hidraţii unor oxizi şi de aceea, în afară de hidrogen, conţin de asemenea şi oxigen. Astfel de acizi se numesc *acizi oxigenaţi* (de exemplu, H_2SO_4) deosebindu-se de *acizii fără oxigen*, care nu conţin oxigen (HCl etc.).

Soluţiile apoase ale acizilor au un gust acru şi colorează hîrtia de turnesol în roşu.

După numărul de atomi de hidrogen dintr-o moleculă de acid, care pot fi înlocuiţi prin metale, se deosebesc *acizi monobazici* (de exemplu, HNO_3), *bibazici* (de exemplu, H_2SO_4), *tribazici* (de exemplu, H_3PO_4) etc.

Toţi acizii reacţionează cu alcaliile formînd săruri. De exemplu :

$$HNO_3 + KOH = KNO_3 + H_2O.$$

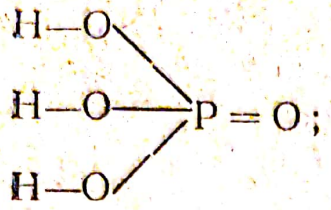
Dacă dintr-o moleculă de acid se elimină unul sau mai mulţi atomi de hidrogen, care pot fi înlocuiţi cu metale, rămîne o grupă de atomi (şi uneori chiar un singur atom) care se numeşte *rest acid* şi care ia parte la reacţiile chimice ca un întreg. De exemplu, acidul sulfuric H_2SO_4 formează două resturi acide : HSO_4^- şi SO_4^{2-}; acidul fosforic H_3PO_4 formează trei resturi acide : $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} şi PO_4^{3-}. Pe această bază, moleculele tuturor acizilor pot fi considerate ca fiind formate din atomi de hidrogen şi resturi acide.

În acizii enumeraţi mai sus, toţi atomii de hidrogen pot fi înlocuiţi printr-un metal, aşa încît bazicitatea lor se determină direct după numărul atomilor de hidrogen din moleculă. Există însă şi altfel de acizi, la care nu toţi atomii de hidrogen pot fi înlocuiţi prin metal. Astfel, de exemplu, în acidul acetic CH_3COOH din patru atomi de hidrogen, numai unul poate fi înlocuit prin metal. De aceea, deşi acidul acetic conţine în moleculă patru atomi de hidrogen, este totuşi un acid monobazic.

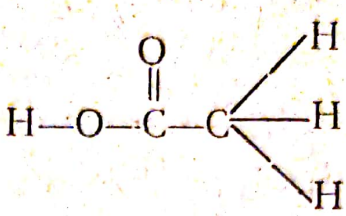
Deosebirea dintre proprietăţile diferiţilor acizi se explică prin diferenţa dintre structura moleculelor lor. S-a dovedit că, *în moleculele acizilor oxigenaţi, pot fi înlocuiţi prin metale numai acei atomi de hidrogen care sînt legaţi cu atomi de oxigen.*

Pentru a confirma aceasta se arată, de exemplu, formulele de structură ale următorilor acizi : a) acidul fosforic, în care toţi atomii de hidrogen pot fi înlocuiţi prin metale,

b) acidul acetic, în care numai unul dintre cei patru atomi de hidrogen poate fi înlocuit de către un metal



acidul fosforic



acidul acetic

Din formulele de mai sus se vede că, în molecula de acid fosforic, toți atomii de hidrogen sînt legați cu atomi de oxigen, iar în molecula de acid acetic, trei atomi de hidrogen sînt legați cu un atom de carbon și numai unul cu un atom de oxigen. Numai acest ultim atom de hidrogen poate fi înlocuit printr-un metal.

3. Bazele

Se numesc baze hidrații oxizilor, care reacționînd cu acizii, formează săruri (hidrați care nu reacționează însă cu alcaliile).

În compoziția moleculei fiecărei baze intră un atom de metal și unul sau mai multe grupe „hidroxil“ — OH; de exemplu: $NaOH$, $Mg(OH)_2$, $Bi(OH)_3$. Cînd reacționează un acid cu o bază, grupele numite hidroxili sînt înlocuite de către resturile acide și astfel se obțin săruri. De exemplu:

$$\underset{\text{bază}}{Mg(OH)_2} + 2\underset{\text{acid}}{HNO_3} = \underset{\text{sare}}{Mg(NO_3)_2} + 2H_2O.$$

Majoritatea bazelor sînt solubile în apă. Se dizolvă însă ușor bazele formate de metalele cele mai active, cum ar fi, de exemplu, $NaOH$, $Ca(OH)_2$. Astfel de baze se numesc *alcalii*. Soluțiile lor au un gust de săpun și colorează hîrtia roșie de turnesol în albastru, iar fenolftaleina în roșu.

Atomii sau grupele de atomi care rămîn din moleculele bazelor după eliminarea uneia, a două sau a tuturor grupelor hidroxilice, sînt denumite *resturi bazice*, prin analogie cu resturile acide. De exemplu, scoțînd consecutiv grupele hidroxil dintr-o moleculă de $Cu(OH)_2$, se obțin următoarele resturi bazice: $CuOH$ și Cu.

4. Hidroxizii amfoteri

Există hidroxizi care pot reacționa atît cu acizii (la fel ca și bazele), cît și cu alcaliile (la fel ca și acizii), formînd în ambele cazuri săruri. Astfel de hidroxizi, care au proprietăți duble, se numesc *hidroxizi amfoteri*. Ca exemplu poate servi $Zn(OH)_2$:

$$Zn(OH)_2 + 2HCl = ZnCl_2 + 2H_2O;$$

(sarea acidului clorhidric)

$$H_2ZnO_2 + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + 2H_2O.$$

(sarea acidului zincic)

În prima reacție, hidroxidul de zinc joacă rolul de bază, iar în a doua, rolul de acid.

5. Sărurile

Se numesc săruri substanțele care pot fi considerate ca produse ale înlocuirii hidrogenului din acizi cu resturi bazice (mai ales atomi ai metalelor), sau ca produse ale înlocuirii hidroxililor din baze cu resturi acide. Astfel, moleculele tuturor sărurilor sînt formate din resturi acide și bazice.

Majoritatea sărurilor sînt substanțe solide cristaline.

Se deosebesc următoarele categorii principale de săruri :

A. Săruri normale sau *neutre* — produsele provenite prin înlocuirea tuturor atomilor de hidrogen din moleculele acizilor cu atomi de metale, sau a grupelor hidroxilice din moleculele bazelor cu resturi acide ; de exemplu :

$$H_3PO_4 \rightarrow Na_3PO_4\ ;\quad Cu(OH)_2 \rightarrow Cu(NO_3)_2.$$

B. Săruri acide — produsele provenite prin înlocuirea incompletă a hidrogenului din moleculele de acizi cu atomi de metale ; de exemplu : $NaHSO_4$, KH_2PO_4. Sărurile acide se obțin prin reacția dintre un acid și o bază, în cazul cînd cantitatea de bază luată în reacție este insuficientă pentru a forma o sare neutră :

$$H_2SO_4 + NaOH = NaHSO_4 + H_2O.$$

Astfel, sărurile acide conțin încă hidrogen în compoziția lor, care poate fi înlocuit prin metale. Prin reacția din-

tre o sare acidă și o bază corespunzătoare, în cantitate suficientă, se pot substitui toți atomii de hidrogen cu atomi de metal, obținîndu-se săruri neutre. De exemplu :

$$NaHSO_4 + NaOH = Na_2SO_4 + H_2O.$$

C. Săruri bazice — produsele obținute prin înlocuirea incompletă a hidroxililor din baze cu resturi acide ; de exemplu : $CuOHCl$, $(CuOH)_2CO_3$. Sărurile bazice se obțin în cazul cînd, prin reacția dintre un acid cu o bază, cantitatea de acid luată în reacție este insuficientă pentru a forma o sare neutră. Astfel, de exemplu, dacă la reacția dintre acidul sulfuric cu hidroxidul feric se ia la 1 mol $Fe(OH)_3$, 1 mol H_2SO_4, atunci se formează o sare bazică :

$$Fe(OH)_3 + H_2SO_4 = FeOHSO_4 + 2H_2O.$$

Ca să se transforme o sare bazică în sare neutră, trebuie să se ia o cantitate suficientă din acidul respectiv, astfel încît toți hidroxilii să fie înlocuiți prin resturi acide.

6. Nomenclatura sărurilor

Pentru denumirea sărurilor, în Uniunea Sovietică se folosește atît nomenclatura rusă, cît și cea internațională. *)

Nomenclatura sărurilor se formează în felul următor : sărurile fiecărui acid au o denumire generală, care derivă de la numele latin al acidului sau al metaloidului din care provine. De exemplu, toate sărurile acidului sulfuric se numesc *sulfați*, sărurile acidului fosforic — *fosfați*, sărurile acidului clorhidric — *cloruri* etc. Denumirea fiecărei sări se deduce din denumirea generală a sării, corespunzătoare acidului, și din denumirea metalului care formează sarea :

$CuSO_4$—sulfat de cupru ;
$Ca_3(PO_4)_2$—fosfat de calciu ;
$NaCl$—clorură de sodiu.

Denumirea sărurilor acide se formează în mod asemănător, adăugînd după denumirea generală a sării cuvîntul „acid", dacă în molecula sării a rămas nesubstituit un atom

*) N.R.Ed.T. — Nomenclatura a fost adaptată la specificul limbii romîne.

Scanned with OKEN Scanner

de hidrogen, sau „biacid", dacă au rămas nesubstituiți doi atomi de hidrogen:

K_2HPO_4—fosfat acid de potasiu *);
KH_2PO_4—fosfat biacid de potasiu.

Denumirea sărurilor bazice se formează adăugînd după denumirea generală a sării cuvîntul „bazic";

MgOHCl—clorură bazică de magneziu;
$(CuOH)_2CO_3$—carbonat bazic de cupru.

În practică, în afara denumirilor arătate mai sus, pentru unele săruri se folosesc și denumiri vechi. Astfel, de exemplu, sărurile acidului sulfuric, care conțin apă de cristalizare, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ și $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ se numesc piatră vînătă, respectiv calaican; sarea Na_2CO_3 — sodă; sarea K_2CO_3 — potasă etc.

Denumirea sărurilor acizilor cei mai des întîlniți

Denumirea acizilor	Formula	Denumirea sărurilor
Acetic	CH_3COOH	Acetat
Azotic	HNO_3	Azotat
Azotos	HNO_2	Azotit
Bicromic	$H_2Cr_2O_7$	Bicromat
Boric	H_3BO_3	Borat
Bromhidric	HBr	Bromură
Carbonic	H_2CO_3	Carbonat
Cianhidric	HCN	Cianură
Clorhidric	HCl	Clorură
Cloric	$HClO_3$	Clorat
Cromic	H_2CrO_4	Cromat
Fluorhidric	H_2F_2	Fluorură
Fosforic	H_3PO_4	Fosfat
Hipocloros	HClO	Hipoclorit
Iodhidric	HJ	Iodură
Permanganic	$HMnO_4$	Permanganat
Silicic	H_2SiO_3	Silicat
Sulfhidric	H_2S	Sulfură
Sulfuric	H_2SO_4	Sulfat
Sulfuros	H_2SO_3	Sulfit
Tiosulfuric	$H_2S_2O_3$	Tiosulfat

*) Sărurile de sodiu (sau potasiu) ale acidului fosforic se mai numesc: Na_3PO_4 — fosfat trisodic, Na_2HPO_4 — fosfat disodic, NaH_2PO_4 — fosfat monosodic. Sărurile acide ale acizilor sulfuric și carbonic se denumesc uzual sulfat acid de sodiu sau bisulfat de sodiu și respectiv, carbonat acid de sodiu sau bicarbonat de sodiu (N.R.Ed.T).

Scanned with OKEN Scanner

7. Stabilirea formulelor bazelor și sărurilor

Mai sus s-a arătat că moleculele bazelor se compun din atomi de metal și grupe hidroxilice, iar moleculele sărurilor, din resturi acide și bazice, legate între ele într-un raport strict determinat pentru fiecare substanță.

Atît grupa hidroxil, cît și resturile acide și bazice au o valență determinată, iar valoarea acesteia se stabilește la fel ca și valoarea valenței diferiților atomi.

Valența hidroxilului — OH este egală cu unitatea, deoarece el poate lega numai un atom de hidrogen, formînd molecula de apă.

Valența restului acid se determină după numărul atomilor de hidrogen care trebuie scoși dintr-o moleculă de acid pentru a-l obține. De exemplu, acidul fosforic H_3PO_4 poate da trei resturi acide : monovalent—H_2PO_4, bivalent $>HPO_4$ și trivalent $\diagup\!\!\diagdown PO_4$.

Valența restului bazic se determină după numărul grupelor hidroxilice scoase din molecula bazei. De exemplu, hidroxidul de calciu formează două resturi bazice: monovalent —CaOH și bivalent $>Ca$.

Aplicînd noțiunea de valență la grupele de atomi mai sus arătate (așa-numiții radicali), se pot stabili ușor și repede formulele oricăror baze și săruri.

Exemplul 1. Să se stabilească formula hidroxidului feric.

Rezolvare. Deoarece hidroxilul este monovalent, este clar că molecula hidroxidului feric trebuie să fie formată din 1 atom de fier și 3 hidroxili. Formula compusului va fi $Fe(OH)_3$.

Exemplul 2. Să se scrie formula sării normale de calciu a acidului fosforic.

Rezolvare. Molecula acestei sări trebuie să conțină atomi bivalenți Ca și resturi acide trivalente $\diagup\!\!\diagdown PO_4$. Cel mai mic multiplu al numerelor 2 și 3 este 6. Prin urmare, molecula sării trebuie să conțină 6 : 2 = 3 atomi de calciu și 6 : 3 = 2 resturi acide $\diagup\!\!\diagdown PO_4$. Formula sării va fi $Ca_3(PO_4)_2$.

Exemplul 3. Să se stabilească formula sării bazice de aluminiu a acidului clorhidric.

Scanned with OKEN Scanner

Rezolvare. Sarea căutată trebuie să conțină resturi acide monovalente ale acidului clorhidric —Cl și hidroxili ai resturilor bazice ale hidroxidului de aluminiu. Deoarece hidroxidul de aluminiu poate să dea două astfel de resturi (monovalent —$Al(OH)_2$ și bivalent >AlOH), sînt posibile două săruri bazice și anume : $Al(OH)_2Cl$ și $AlOHCl_2$.

Exemplul 4. Să se stabilească formula sării acide de magneziu a acidului carbonic.

Rezolvare. În compoziția acestei sări trebuie să intre magneziul și restul acid monovalent al acidului carbonic —HCO_3. Deoarece magneziul este bivalent, de un atom de magneziu vor trebui să fie legate două resturi acide —HCO_3. Formula sării este : $Mg(HCO_3)_2$.

8. Principalele metode de preparare a acizilor, bazelor și sărurilor

Acizii pot fi obținuți :

1. Prin combinarea directă a oxizilor acizi cu apă, de exemplu :

$$SO_3 + H_2O = \mathbf{H_2SO_4}. \qquad (1)$$

2. Prin reacția dintre un acid și o sare (de obicei prin acțiunea acidului sulfuric asupra sării acidului care trebuie obținut), de exemplu :

$$2NaNO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + \mathbf{2HNO_3}. \qquad (2)$$

Bazele pot fi obținute :

1. Bazele solubile (alcaliile) — prin acțiunea metalelor cele mai active sau a oxizilor lor asupra apei, de exemplu :

$$2Na + 2H_2O = \mathbf{2NaOH} + H_2, \qquad (3$$

$$CaO + H_2O = \mathbf{Ca(OH)_2}. \qquad (4)$$

2. Bazele insolubile — prin acțiunea alcaliilor asupra sărurilor solubile ale metalelor corespunzătoare, de exemplu :

$$CuSO_4 + 2NaOH = \mathbf{\downarrow Cu(OH)_2}\ *) + Na_2SO_4. \qquad (5)$$

Sărurile pot fi obținute prin reacțiile cele mai diferite:

1. Prin reacția dintre un acid și o bază (sau hidroxid

*) Săgeata, pusă la stînga formulei $Cu(OH)_2$, arată că hidroxidul de cupru format ca rezultat al reacției, precipită.

Scanned with OKEN Scanner

amfoter) se obține o sare și apă *(reacție de neutralizare)*, de exemplu:

$$HCl + NaOH = \mathbf{NaCl} + H_2O. \quad (6)$$

2. Prin reacția dintre un acid și o sare se obține un alt acid și o nouă sare (v. reacția 2).

3. Prin reacția dintre alcalii și o sare solubilă a metalului, care formează o bază insolubilă, se obține o nouă sare și o bază insolubilă (v. reacția 5).

4. Prin reacția dintre două săruri solubile se obțin două săruri noi, de exemplu:

$$NaCl + AgNO_3 = \downarrow \mathbf{AgCl} + \mathbf{NaNO_3}. \quad (7)$$

Majoritatea covîrșitoare a reacțiilor dintre acizi, baze și săruri sînt reacțiile de schimb. Unul dintre produsele unor astfel de reacții este întodeauna o sare nouă.

Solubilitatea principalelor săruri în apă

Acizi	
HNO_3	Sînt solubile toate sărurile
HCl	Sînt solubile toate sărurile, în afară de AgCl, CuCl, $PbCl_2$ și Hg_2Cl_2
H_2SO_4	Sînt solubile toate sărurile, în afară de $BaSO_4$, $SrSO_4$ și $PbSO_4$. Foarte puțin solubil este $CaSO_4$
H_2CO_3	Din sărurile normale sînt solubile numai sărurile de sodiu, potasiu și amoniu
H_3PO_4	Idem
H_2S	Idem
Metale	
Na și K	Sînt solubile aproape toate sărurile

Practic, cu ajutorul reacțiilor arătate, se pot obține săruri noi numai în cazul cînd unul dintre produsele reacției este sau insolubil, sau ușor volatil la încălzire, și astfel poate fi separat de celelalte.

În afară de aceste reacții, sînt foarte importante reacțiile de obținere a sărurilor, arătate mai jos:

5. Acțiunea multor metale asupra acizilor, de exemplu:

$$Zn + H_2SO_4 = \mathbf{ZnSO_4} + H_2. \quad (8)$$

Scanned with OKEN Scanner

6. Acțiunea oxizilor bazici și amfoteri asupra acizilor, de exemplu:

$$CuO + H_2SO_4 = CuSO_4 + H_2O; \quad (9)$$

$$ZnO + 2HCl = ZnCl_2 + H_2O. \quad (10)$$

PROBLEME

186. Să se scrie formulele oxizilor care pot fi obținuți prin descompunerea la cald a următorilor hidrați de oxizi:

H_2SiO_3, $Cu(OH)_2$, H_3AsO_4, H_2WO_4, $Fe(OH)_3$.

187. Să se afle formulele anhidridelor următorilor acizi:

H_2SO_4, H_3BO_3, $H_4P_2O_7$, $HClO$, $HMnO_4$.

188. Să se scrie resturile acide ale următoarelor săruri acide, indicînd și valența lor:

$NaHCO_3$, $CaHPO_4$, KH_2PO_4, $Ba(HSO_3)_2$, Na_2HAsO_3.

189. Să se scrie resturile bazice care pot fi obținute din următoarele baze și hidroxizi amfoteri, și să se indice valența lor:

$Mg(OH)_2$, $Cr(OH)_3$, $RbOH$, $Zn(OH)_2$.

190. Să se stabilească formulele sărurilor normale și acide ale acidului carbonic și arsenios H_3AsO_3 cu metalele potasiu și calciu.

191. Să se stabilească formulele sărurilor acide de potasiu ale acidului arsenios H_3AsO_3; sărurilor bazice de aluminiu ale acidului acetic monobazic CH_3COOH; sărurilor bazice de zinc ale acidului carbonic.

192. Ce substanțe se obțin prin acțiunea unui acid asupra unei sări? Dar prin acțiunea unui acid asupra unei baze? A unei sări asupra altei sări? A unei baze asupra unei sări? Să se dea exemple de reacții.

193. Să se arate care dintre substanțele enumerate mai jos vor reacționa cu acidul clorhidric și să se scrie ecuațiile reacțiilor:

N_2O_5, $Zn(OH)_2$, CaO, $AgNO_3$, H_3PO_4, H_2SO_4.

194. Care dintre substanțele arătate mai jos vor reacționa cu hidroxidul de sodiu? Să se scrie ecuațiile reacțiilor corespunzătoare:

HNO_3, CaO, CO_2, $CuSO_4$, $Cd(OH)_2$, P_2O_5.

195. Să se scrie ecuațiile reacțiilor dintre acizii și bazele respective, care duc la formarea următoarelor săruri:

$Ni(NO_3)_2$, $NaHCO_3$, Na_2HPO_4, K_2S, $Fe_2(SO_4)_3$.

---

*) La rezolvarea problemelor însemnate cu o steluță (*) va servi ca orientare tabela solubilității sărurilor (pag. 55).

Scanned with OKEN Scanner

*196. Să se scrie ecuația reacției de obținere a clorurii de magneziu: a) prin acțiunea unui acid asupra unui metal; b) prin acțiunea unui acid asupra unei baze; c) prin acțiunea unei sări asupra altei sări.

197. Să se scrie formulele sărurilor acide de magneziu ale acidului fosforic H_3PO_4 și ale sărurilor bazice de bismut ale acidului azotic. Cum se pot transforma aceste săruri în săruri normale? Să se scrie ecuațiile reacțiilor.

198. Să se stabilească formulele clorurilor bazice ale fierului trivalent și să se scrie ecuațiile reacțiilor de transformare a acestor săruri în clorură de fier neutră.

199 Să se scrie ecuațiile reacțiilor de obținere a sărurilor acide ale acidului sulfuric cu metalele potasiu și calciu.

200. Să se scrie ecuațiile reacțiilor de formare a sărurilor: a) clorură bazică de magneziu și b) sulfat bazic de fier trivalent, obținute prin acțiunea acizilor asupra bazelor corespunzătoare.

201. Cum se poate obține hidroxidul feric din clorură ferică $FeCl_3$? Acidul ortofosforic din sarea $Ca_3(PO_4)_2$? Clorura cuprică $CuCl_2$ din oxidul de cupru CuO?

202. Prin ce reacții se poate obține protoxidul de nichel NiO și clorura de nichel $NiCl_2$, plecînd de la sulfatul de nichel $NiSO_4$ și avînd în vedere că $NiCl_2$ și $NiSO_4$ sînt solubile în apă?

*203. Să se scrie ecuațiile reacțiilor cu ajutorul cărora se pot realiza următoarele transformări:

$$BaO \rightarrow BaCl_2 \rightarrow Ba(NO_3)_2 \rightarrow BaSO_4;$$

$$MgSO_4 \rightarrow Mg(OH)_2 \rightarrow MgO \rightarrow MgSO_4.$$

*204. Cum se realizează următorul ciclu de transformări:

$$Fe(OH)_3 \rightarrow FeCl_3 \rightarrow Fe(NO_3)_3 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 \rightarrow Fe(OH)_3.$$

*205. Să se arate toate reacțiile cu ajutorul cărora se poate obține practic acid azotic (luînd în considerare posibilitatea separării sale de alți produși ai reacției), dacă se dispune de următoarele substanțe:

$$KNO_3,\ Pb(NO_3)_2,\ HCl,\ H_2SO_4.$$

*206. Să se arate care dintre sărurile de mai jos, luate perechi, pot fi folosite la prepararea clorurii de potasiu:

$$K_2CO_3,\ BaCl_2,\ NaCl \text{ și } K_2SO_4.$$

Să se scrie ecuațiile reacțiilor, dîndu-se explicații.

*207. Să se arate dacă se poate prepara o soluție care să conțină în același timp:

$Ba(OH)_2$ și HCl; $CaCl_2$ și Na_2CO_3;

$NaCl$ și $AgNO_3$; KCl și $NaNO_3$.

Să se arate care grupări sînt imposibile și pentru ce.

Scanned with OKEN Scanner

*208. Să se arate dacă se pot realiza în soluții următoarele reacții :

$$CuSO_4 + BaCl_2 \rightarrow BaSO_4 + CuCl_2 ;$$

$$FeS + K_2SO_4 \rightarrow FeSO_4 + K_2S ;$$

$$AgCl + KNO_3 \rightarrow AgNO_3 + KCl.$$

Să se dea un răspuns motivat, luînd în considerare solubilitatea sărurilor.

209. Ce săruri noi se pot obține din $CuSO_4$, $AgNO_3$, K_3PO_4 și $BaCl_2$?

Să se scrie ecuațiile reacțiilor și să se arate denumirile sărurilor obținute.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL VII

CALCULE CU AJUTORUL ECUAȚIILOR CHIMICE

Ecuația chimică este scrierea prescurtată a unei reacții chimice, cu ajutorul simbolurilor și a formulelor.

Fiecare ecuație chimică conține date precise cu privire la raporturile în greutate dintre substanțele care reacționează și care se obțin ca rezultat al reacției. Dacă în reacție iau parte gaze sau vapori, ecuația chimică arată de asemenea și raporturile lor în volume.

Pentru exemplificare, se analizează ecuația reacției dintre magneziu și acidul sulfuric diluat:

$$Mg + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2.$$

Ecuația arată că 1 atom de magneziu reacționează cu 1 moleculă de acid sulfuric, formînd sulfat de magneziu și hidrogen. Deoarece simbolurile chimice și formulele reprezintă nu numai atomi sau molecule, ci în genere cantități în greutate ale substanțelor, egale numeric cu greutățile lor atomice sau moleculare (de exemplu atomi-gram și molecule-gram), ecuația scrisă poate fi interpretată și astfel: 1 atom-gram de Mg reacționează cu 1 mol H_2SO_4, iar ca rezultat se obține 1 mol $MgSO_4$ și 1 mol H_2. Un atom-gram de Mg cîntărește 24 g, 1 mol H_2SO_4 — 98 g, 1 mol $MgSO_4$ — 120 g, 1 mol H_2 — 2 g.

$$Mg + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2$$

$$24\text{ g} \quad 98\text{ g} \qquad 120\text{ g} \quad 2\text{ g} \ (22{,}4\text{ l}).$$

Numerele 24, 98, 120 și 2 reprezintă raporturile în greutate dintre substanțele care iau parte la reacție. Pentru realizarea în practică a reacției trebuie să se ia 98 g acid sulfuric de fiecare 24 g magneziu, iar ca rezultat al reacției

se obţin 120 g sulfat de magneziu şi 2 g (sau 22,4 l la 0° şi 760 mm) hidrogen. Dacă pentru aceeaşi cantitate de magneziu se ia mai mult acid sulfuric, excesul nu intră în reacţie; dacă se ia mai puţin, o parte din magneziu rămîne nefolosită şi implicit se obţine mai puţin sulfat de magneziu şi hidrogen.

Reprezentînd aspectul cantitativ al proceselor chimice, ecuaţiile chimice dau posibilitatea de a se face calculele cele mai variate. Astfel, de exemplu, se pot determina cantităţile de substanţe ce trebuie luate pentru a se obţine anumite cantităţi de produse de reacţie, sau cantităţile de substanţe noi ce pot fi obţinute dintr-o cantitate dată de substanţe iniţiale etc. Pentru rezolvarea tuturor problemelor de acest gen trebuie înainte de toate să se scrie corect ecuaţia reacţiei, apoi să se stabilească raporturile în greutate sau în volume dintre substanţele care iau parte la reacţie şi, în sfîrşit, să se determine proprietăţile necesare, din care se află valorile căutate.

Exemplul 1. Cîte grame acid sulfuric sînt necesare pentru neutralizarea a 20 g hidroxid de sodiu?

Rezolvare. Ştiind că prin acţiunea unui acid asupra alcaliilor se obţine întotdeauna o sare şi apă, se scrie ecuaţia reacţiei, alegînd astfel coeficienţii, încît numărul atomilor fiecărui element din dreapta şi din stînga semnului de egalitate să fie acelaşi :

$$H_2SO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + 2H_2O.$$

Din ecuaţie se vede că pentru a neutraliza 1 mol acid sulfuric trebuie să se ia 2 mol hidroxid de sodiu. Calculîndu-se greutăţile moleculare ale acidului sulfuric şi ale hidroxidului de sodiu se găseşte că 1 mol H_2SO_4 cîntăreşte 98 g, iar 2 mol NaOH cîntăresc 80 g. Prin urmare, condiţiile problemei se pot formula astfel: 98 g H_2SO_4 neutralizează 80 g NaOH. Ce cantitate de H_2SO_4 neutralizează 20 g NaOH? Notînd cantitatea necunoscută de H_2SO_4 cu x, se scriu aceste condiţii după cum urmează:

98 g H_2SO_4 neutralizează 80 g NaOH
x g H_2SO_4 neutralizează 20 g NaOH

Deoarece raporturile în greutate dintre substanţele care reacţionează sînt constante, pe baza celor de mai sus se scrie proporţia :

$$98 : 80 = x : 20,$$

Scanned with OKEN Scanner

de unde :

$$x = \frac{98 \cdot 20}{80} = 24{,}5 \text{ g.}$$

Exemplul 2. Cîți litri de bioxid de carbon se formează prin arderea a 13 l acetilenă, dacă ambele gaze sînt măsurate în condiții identice ?

Rezolvare. Se scrie ecuația reacției :

$$2C_2H_2 + 5O_2 = 4CO_2 + 2H_2O.$$

Deoarece coeficienții formulelor indică volumele relative ale gazelor care reacționează, problema se reduce la următoarele : 2 l C_2H_2 formează prin ardere 4 l CO_2 ; cîți litri CO_2 se obțin la arderea a 13 l C_2H_2 ? Se scriu condițiile problemei după cum urmează :

2 l C_2H_2 formează 4 l CO_2 ;

13 l C_2H_2 formează x l CO_2.

Pentru a găsi valoarea lui x, se scrie proporția

$$2 : 4 = 13 : x,$$

de unde

$$x = \frac{4 \cdot 13}{2} = 26 \text{ l.}$$

Exemplul 3. Clorul poate fi obținut prin acțiunea acidului sulfuric și a bioxidului de mangan asupra clorurii de sodiu. Reacția are loc după ecuația :

$$2NaCl + MnO_2 + 3H_2SO_4 = 2NaHSO_4 + MnSO_4 + Cl_2 + 2H_2O.$$

Cîți litri de clor se pot obține la 0° și 760 mm din 100 g clorură de sodiu ?

Rezolvare. Ecuația reacției arată că din 2 mol clorură de sodiu se obține 1 mol clor. Calculînd greutatea a 2 mol clorură de sodiu și știind că 1 mol clor, la 0° și 760 mm, ocupă un volum de 22,4 l, se scriu condițiile problemei după cum urmează :

117 g NaCl dau 22,4 l Cl_2

100 g NaCl dau x l Cl_2

Scanned with OKEN Scanner

Se scrie proporția :

$$117 : 22{,}4 = 100 : x,$$

de unde

$$x = \frac{22{,}4 \cdot 100}{117} = 19{,}15 \text{ l.}$$

PROBLEME

210. Reacția de ardere a amoniacului se exprimă prin ecuația :

$$4NH_3 + 3O_2 = 6H_2O = 2N_2.$$

În ce raport în greutate intră în reacție substanțele inițiale ? În ce raport de volume reacționează ele ?

211. Prin dizolvarea magneziului în acid sulfuric, s-au format 36 g sulfat de magneziu. Cît a cîntărit magneziul și cîte grame de acid sulfuric au fost consumate la dizolvarea sa ?

212. La o soluție care conține 10 g H_2SO_4, s-a adăugat 9 g NaOH. Să se arate dacă soluția obținută are reacție neutră, acidă sau alcalină.

213. Carbonatul de calciu $CaCO_3$ se descompune la încălzire în oxid de calciu și bioxid de carbon. Ce cantitate aproximativă de calcar natural, care conține 90% $CaCO_3$, va fi necesară pentru obținerea a 7 t oxid de calciu ?

214. Cîte grame de hidroxid de sodiu sînt necesare pentru transformarea a 100 g sulfat de cupru în hidroxid de cupru ?

215. Cîte grame de hidroxid de potasiu sînt necesare pentru transformarea a 70 g acid sulfuric în sare acidă ? Dar în sare neutră ?

216. Cîți moli de apă se obțin prin reducerea a 200 g oxid de cupru în cupru metalic ?

217. Cîți litri de hidrogen se obțin în condiții normale prin acțiunea asupra apei a 15 g calciu ?

218. Ce cantitate de zinc și acid sulfuric de 20% este necesară pentru a obține 56 l hidrogen, în condiții normale ?

219. Cîți litri de acetilenă (la 0° și 760 mm) pot fi obținuți prin acțiunea apei asupra a 8 g carbură de calciu, după ecuația :

$$CaC_2 + 2H_2O = C_2H_2 + Ca(OH)_2.$$

220. Bioxidul de carbon se obține în laborator prin acțiunea acidului clorhidric asupra marmurei $CaCO_3$. Presupunînd că marmura conține $CaCO_3$ pur, să se calculeze cîtă marmură este necesară pentru obținerea a 84 l bioxid de carbon în condiții normale ?

221. Cîți litri de gaz detonant (la 0° și 760 mm) se obțin la descompunerea unui mol de apă cu ajutorul curentului electric ?

222. Cîte grame de clorat de potasiu trebuie descompuse pentru a obține 100 l oxigen, în condiții normale ?

223. Cîți litri de oxigen, luat la 0° și 760 mm, se consumă prin arderea a 100 g alcool etilic C_2H_5OH ?

224. Ce cantitate de clorură de sodiu este necesară pentru a obține 56 l acid clorhidric, în condiții normale ?

Scanned with OKEN Scanner

225. Cîți litri de hidrogen, în condiții normale, trebuie consumați pentru reducerea pînă la metal a 120 g anhidridă molibdenică MoO_3?

226. Cîți litri bioxid de carbon, luat la 0° și 760 mm, trebuie să treacă printr-o soluție de $Ca(OH)_2$ pentru a obține 25 g $CaCO_3$?

227. La trecerea unor vapori de apă peste cărbune înroșit se obține gazul de apă care este format din punct de vedere teoretic din volume egale de oxid de carbon și hidrogen:

$$C + H_2O = CO + H_2.$$

Cîți metri cubi de gaz de apă, măsurați în condiții normale, pot fi obținuți din 3 kg cărbune?

228. Considerînd conținutul în volume al oxigenului din aer egal cu 20%, să se calculeze ce volum de aer este necesar pentru arderea a 1 m^3 de gaz de apă măsurat în condiții tehnice care are următoarea compoziție (în volume): 50% hidrogen, 40% oxid de carbon, 5% bioxid de carbon și 5% azot.

229. Ce volum de aer este necesar pentru arderea a 1 m^3 gaz de iluminat, avînd următoarea compoziție, în volume: 50% hidrogen, 35% metan, 8% oxid de carbon, 2% etilenă și 5% impurități necombustibile? Conținutul în volume al oxigenului din aer se consideră egal cu 20%.

230. S-au amestecat 7,3 g acid clorhidric cu 4 g amoniac. Cîte grame clorură de amoniu NH_4Cl se formează? Care gaz rămîne în exces după reacție și cît va rămîne?

231. O soluție care conține 34 g $AgNO_3$ se amestecă cu o soluție care conține aceeași cantitate de NaCl. În reacție va intra toată cantitatea de $AgNO_3$? Cîte grame de AgCl se formează ca rezultat al reacției?

232. Dacă se amestecă soluții care conțin cantități egale în greutate de acid azotic și de hidroxid de sodiu, ce reacție va avea lichidul obținut: neutră, acidă sau alcalină?

233. Un amestec de hidrogen și azot conține cîte 20 mol din fiecare gaz După un timp oarecare, în amestec s-au format 4 mol amoniac. Cîți moli de azot și hidrogen au rămas în amestec?

234. La trecerea peste catalizator a unui amestec care constă din 10 mol SO_2 și 15 mol O_2, s-au format 8 mol SO_3. Cîți moli de SO_2 și O_2 nu au luat parte la reacție?

235. La o soluție care conține 0,2 mol clorură ferică $FeCl_3$ s-au adăugat 0,24 mol NaOH. Cîți moli de hidroxid feric $Fe(OH)_3$ s-au format ca rezultat al reacției și cîți moli de $FeCl_3$ au rămas în soluție?

236. Pentru prepararea unei cantități oarecare de sulfat de cupru $CuSO_4$, s-a încălzit 20 g oxid de cupru CuO într-o soluție care conține 21 g acid sulfuric. Să se arate dacă s-a dizolvat tot oxidul de cupru și cîte grame $CuSO_4$ s-au format ca rezultat al reacției.

237. Cum se poate transforma carbonatul de sodiu Na_2CO_3 în clorură de sodiu? Cîte grame clorură de sodiu se obțin din 265 g carbonat de sodiu?

238. Ce cantități de carbonat de sodiu Na_2CO_3 și clorură de calciu $CaCl_2$ trebuie consumate pentru a obține 200 g $CaCO_3$?

239. Cum se obține azotatul de cupru, avînd la dispoziție sulfat de cupru, acid azotic și un hidroxid alcalin? Să se scrie ecuațiile reacțiilor care au loc și să se calculeze cîte grame $Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$ se pot prepara din 450 g acid azotic 20%?

240. Să se scrie ecuațiile reacțiilor cu ajutorul cărora se poate obține oxidul de cupru plecînd de la clorura cuprică $CuCl_2$. Să se cal-

Scanned with OKEN Scanner

culeze ce cantitate de clorură cuprică este necesară pentru prepararea a 32 g oxid de cupru.

241. Prin arderea a 3 g antracit s-au obținut 5,3 l bioxid de carbon, măsurat în condiții normale. Ce cantitate de carbon, în procente, conține antracitul ?

242. Pentru neutralizarea a 50 g soluție de acid sulfuric au fost necesare 2 g hidroxid de sodiu. Ce cantitate de acid sulfuric, în procente, a avut soluția ?

243. La dizolvarea a 0,8 g pulbere de zinc (zinc în praf, care conține urme de oxid de zinc) în acid sulfuric s-au degajat 224 ml hidrogen, măsurat în condiții normale. Ce cantitate de zinc, în procente, conține pulberea de zinc ?

244. Pentru determinarea conținutului de NaCl din hidroxidul de sodiu tehnic, s-au dizolvat 2 g în apă și în soluție s-a adăugat o soluție de $AgNO_3$, pînă ce a încetat formarea precipitatului de AgCl. Precipitatul spălat și uscat a cîntărit 0,287 g. Ce cantitate de NaCl, în procente, conține hidroxidul de sodiu ?

245. Într-un flacon de 1 l, care conține 100 ml soluție 10% de HCl la temperatura de 21°, s-au introdus 3,25 g zinc, după care flaconul a fost astupat imediat. Ce presiune va fi în flacon la terminarea reacției, dacă temperatura este egală cu aceea de la începutul reacției? La calcul, greutatea specifică a acidului clorhidric poate fi luată egală cu 1, iar presiunea inițială 1 at.

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL VIII

ECUAȚII ȘI CALCULE TERMOCHIMICE

Fiecare reacție chimică este însoțită de degajare sau absorbție de energie, de cele mai multe ori sub formă de energie termică, a cărei cantitate poate fi măsurată și exprimată în calorii.

Ecuațiile chimice, în care este indicat efectul termic al reacției, se numesc *termochimice*. În astfel de ecuații, numărul caloriilor se raportează întotdeauna la numărul de moli ai substanțelor care reacționează sau care se formează și se dau cu semnul plus (+) dacă reacția este exotermă sau cu semnul minus (—) dacă este endotermă. De exemplu, ecuația termochimică a reacției de formare a oxidului de azot:

$$N_2 + O_2 = 2NO - 43{,}2 \text{ kcal},$$

arată că la formarea a 2 mol NO din azot și oxigen, sînt absorbite 43,2 kcal.

Deoarece în ecuațiile termochimice simbolurile și formulele indică atomii-gram și molii substanțelor care reacționează, coeficienții pot fi fracționari *). De aceea, ecuația anterioară poate fi scrisă și astfel:

$$1/2\ N_2 + 1/2\ O_2 = NO - 21{,}6 \text{ kcal}.$$

Cantitatea de căldură, care se degajă sau se absoarbe la formarea din *substanțe simple* a unui mol de compus chimic, se numește *căldura de formare* a compusului dat. Din ecuația prezentată mai sus, reiese, de exemplu, căldura de formare a oxidului de azot care este egală cu —21,6 kcal.

---

*) Coeficienții fracționari se pun pentru a raporta efectul caloric al reacției la 1 mol de substanță formată.

Toate calculele termochimice sînt bazate pe următoarele două legi :

1. *Dacă se degajă (sau se absoarbe) o anumită cantitate de căldură la formarea unei combinaţii chimice din corpuri simple, aceeaşi cantitate de căldură se absoarbe (sau se degajă) la descompunerea acestei combinaţii în corpuri simple.*

Prin urmare, căldura de formare a unui compus chimic este egală cu căldura lui de descompunere, luată cu semn schimbat.

2. *Efectul termic al procesului chimic este egal cu suma efectelor termice ale tuturor stadiilor intermediare ale procesului (legea lui Hess).*

Astfel, de exemplu, procesul de obţinere a bioxidului de carbon din carbon şi oxigen poate fi înfăptuit într-o singură reacţie:

$$C+O_2=CO_2+97{,}7 \text{ kcal.}$$

Acelaşi proces poate fi însă înfăptuit şi în două reacţii:

$$C+\tfrac{1}{2}\,O_2=CO+29{,}7 \text{ kcal,}$$
$$CO+\tfrac{1}{2}\,O_2=CO_2+68 \text{ kcal.}$$

După legea lui Hess, suma efectelor termice a ultimelor două reacţii trebuie să fie egală cu efectul termic al primei reacţii, ceea ce se întîmplă şi în realitate (29,7+68=97,7 kcal).

Metoda generală pentru rezolvarea problemelor termochimice este ilustrată prin exemplele care urmează.

Exemplul 1. Să se determine efectul termic al reacţiei de ardere a metanului:

$$CH_4+2O_2=CO_2+2H_2O,$$

cunoscînd căldura de formare a bioxidului de carbon care este egală cu 97,7 kcal, căldura de formare a vaporilor de apă care este 57,8 kcal şi căldura de formare a metanului care este 21,7 kcal.

Rezolvare. Se descompune reacţia în reacţii intermediare separate, prin care se poate reprezenta modul cum ea decurge.

1. Descompunerea metanului în carbon şi hidrogen:

$$CH_4=C+2H_2-21{,}7 \text{ kcal.}$$

2. Formarea bioxidului de carbon din carbon şi oxigen:

$$C+O_2=CO_2+97{,}7 \text{ kcal.}$$

Scanned with OKEN Scanner

3. Formarea vaporilor de apă din hidrogen și oxigen:

$$2H_2+O_2=2H_2O+2\cdot 57{,}8 \text{ kcal.}$$

Suma efectelor termice ale acestor trei stadii ale reacției trebuie să fie egală cu efectul termic total al reacției de ardere a metanului:

$$-21{,}7 \text{ kcal}+97{,}7 \text{ kcal}+2\cdot 57{,}8 \text{ kcal}=191{,}6 \text{ kcal.}$$

Prin urmare, ecuația termochimică a reacției de ardere a metanului va avea următoarea formă:

$$CH_4+2O_2=CO_2+2H_2O(g)+191{,}6 \text{ kcal.}$$

Exemplul 2. Să se determine căldura de formare a protoxidului de azot, plecînd de la următoarea ecuație:

$$C+2N_2O=CO_2+2N_2+133{,}1 \text{ kcal.}$$

Rezolvare. Se descompune reacția dată în reacții intermediare:

1. Descompunerea peroxidului de azot în azot și oxigen (efectul termic necunoscut al acestei reacții se notează cu x):

$$2N_2O=2N_2+O_2+x \text{ kcal.}$$

2. Formarea bioxidului de carbon din carbon și oxigen:

$$C+O_2=CO_2+97{,}7 \text{ kcal.}$$

Suma efectelor termice a ultimelor două reacții trebuie să fie egală cu efectul termic al primei reacții:

$$x \text{ kcal}+97{,}7 \text{ kcal}=133{,}1 \text{ kcal,}$$

de unde

$$x=133{,}1-97{,}7=35{,}4 \text{ kcal.}$$

Astfel, la descompunerea a 2 mol N_2O se degajă 35,4 kcal; tot atîtea calorii sînt absorbite la formarea a 2 mol N_2O. Prin urmare, căldura de formare a peroxidului de azot este

$$\frac{-35{,}4}{2}=-17{,}7 \text{ kcal.}$$

Exemplul 3. Să se calculeze ce cantitate de căldură se degajă la obținerea a 300 g acid metafosforic din anhidridă fosforică, cunoscînd următoarele date: căldura de formare a

P_2O_5 este 370 kcal, căldura de formare a HPO_3 este 226,2 kcal și căldura de formare a apei este 68,4 kcal.

Rezolvare. Se scrie ecuația reacției, notînd efectul termic al acestei reacții cu x:

$$P_2O_5 + H_2O = 2HPO_3 + x \text{ kcal.}$$

Pentru determinarea lui x, se descompune reacția în reacții intermediare:

1. $P_2O_5 = 2P + 5/2\ O_2 - 370$ kcal,
2. $H_2O = H_2 + 1/2\ O_2 - 68{,}4$ kcal,
3. $2P + H_2 + 3O_2 = 2HPO_3 + 2 \cdot 226{,}2$ kcal.

De aici:

$$x = -370 - 68{,}4 + 452{,}4 = 14 \text{ kcal.}$$

Prin urmare, la formarea a 2 mol HPO_3 (120 g) se degajă 14 kcal. Cantitatea de căldură (y) care se degajă la formarea a 300 g HPO_3 se calculează din proporția:

$$120 : 300 = 14 : y,$$

$$y = \frac{300 \cdot 14}{120} = 35 \text{ kcal.}$$

Căldurile de formare a cîtorva compuși, în kcal

$H_2O(g)$	57,8	NO	— 21,6	CO_2	97,7
$H_2O(l)$	68,4	P_2O_5	370	CuO	34,9
HCl	21,9	CH_4	21,7	CaO	152,1
SO_2	69,3	C_2H_4	— 13,6	$Ca(OH)_2$	235,5
NH_3	11,0	C_2H_2	— 48,6	Fe_2O_3	195,0
N_2O	— 17,7	CO	29,7	Al_2O_3	393,0

PROBLEME

246. Prin combinarea a 2,1 g fier cu sulf s-au degajat 0,87 kcal. Să se calculeze căldura de formare a sulfurii de fier.

247. Pentru determinarea căldurii de formare a oxidului de zinc, s-au ars 3,27 g zinc într-o bombă calorimetrică, degajîndu-se 4,15 kcal. Să se calculeze căldura de formare a axidului de zinc.

248. Prin combinarea a 9 g aluminiu cu oxigenul se degajă 65,5 kcal. Să se determine căldura de formare a oxidului de aluminiu Al_2O_3.

249. Ce cantitate de căldură se degajă prin explozia a 8,4 l gaz detonant, luat în condiții normale, căldura de formare a vaporilor de apă fiind 57,8 kcal ?

Scanned with OKEN Scanner

250. Reacția de formare a acidului clorhidric din clor și hidrogen este exprimată prin ecuația :

$$H_2 + Cl_2 = 2HCl + 43{,}8 \text{ kcal.}$$

Ce cantitate de căldură se degajă la combinarea unui litru de clor cu hidrogenul ?

251. Ce cantitate de căldură se degajă prin arderea a 1 m^3 hidrogen, luat în condiții normale, dacă produsul reacției este apa ?

252. Să se determine efectul termic al reacției de ardere a sulfului în protoxid de azot, reacție ce decurge după ecuația :

$$S + 2N_2O = SO_2 + 2N_2.$$

253. Să se determine căldura de formare a hidrogenului fosforat PH_3, plecînd de la ecuația :

$$2PH_3 + 4O_2 = P_2O_5 + 3H_2O + 586{,}8 \text{ kcal.}$$

254. Să se determine căldura de formare a hidrogenului sulfurat, plecînd de la ecuația :

$$H_2S + 3/2\ O_2 = H_2O(g) + SO_2 + 122{,}1 \text{ kcal.}$$

255. Să se determine efectul termic al reacției :

$$CO + H_2O(g) = CO_2 + H_2.$$

256. Să se determine căldura de formare a alcoolului metilic CH_3OH, plecînd de la reacția :

$$CH_3OH + 3/2\ O_2 = CO_2 + 2H_2O(l) + 172{,}1 \text{ kcal.}$$

257. Să se determine căldura de formare a oxidului de cupru, știind că la reducerea cu cărbune a unui mol de oxid de cupru (cu formare de CO) se absorb 5,2 kcal.

258. Să se determine căldura de formare a sulfurii de carbon CS_2, plecînd de la reacția :

$$CS_2 + 3O_2 = CO_2 + 2SO_2 + 258{,}3 \text{ kcal.}$$

259. Ce cantitate de căldură se degajă prin arderea a 100 l etilenă, luați în condiții normale, dacă vaporii formați se transformă în apă ?

260. Reacția de ardere a acetilenei se exprimă prin ecuația :

$$C_2H_2 + 2\ 1/2\ O_2 = 2CO_2 + H_2O(l) + 312{,}4 \text{ kcal.}$$

Să se determine căldura de formare a acetilenei.

261. Ce cantitate de căldură se degajă prin arderea a 112 l gaz de apă, format dintr-un amestec de hidrogen și oxid de carbon în volume egale, dacă la ardere se formează bioxid de carbon și vapori de apă ?

262. Procesul chimic principal care are loc în cuptorul înalt este exprimat prin ecuația :

$$Fe_2O_3 + 3CO = 2Fe + 3CO_2.$$

Să se determine efectul termic al acestei reacții.

Scanned with OKEN Scanner

263. Ce cantitate de căldură se degajă la reducerea cu hidrogen a 8 g oxid de cupru, dacă apa rezultată este în stare lichidă ?

264. Reacţia de descompunere a carbonatului de calciu este exprimată prin ecuaţia :

$$CaCO_3 = CaO + CO_2 - 34{,}7 \text{ kcal}.$$

Să se determine căldura de formare a $CaCO_3$ din calciu, oxigen şi carbon.

265. Să se determine căldura de formare a clorurii de amoniu, plecînd de la reacţia :

$$NH_3 + HCl = NH_4Cl + 42{,}9 \text{ kcal}.$$

266. S-au ars separat volume egale de hidrogen şi acetilenă, luate în condiţii identice. In care caz s-a degajat mai multă căldură ? De cîte ori ?

Căldura de formare a apei este 57,8 kcal.

267. La obţinerea metalelor din oxizii lor, se folosesc ca reducători : cărbune (care se oxidează pînă la oxid de carbon), hidrogen sau oxid de carbon. Să se determine efectul termic al reacţiei pentru fiecare dintre aceste cazuri, dacă se reduce oxidul de fier Fe_2O_3.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL IX

STRUCTURA ATOMULUI. LEGĂTURA CHIMICĂ

1. Structura atomului. Formarea ionilor

Atomul fiecărui element este format dintr-un nucleu încărcat cu electricitate pozitivă şi particule încărcate cu electricitate negativă — electronii — care se rotesc în jurul nucleului pe diferite orbite. Masa electronului este foarte mică (1/1 840 din masa atomului de hidrogen) aşa încît practic, întreaga masă a atomului este concentrată în nucleul său. Sarcina pozitivă a nucleului este egală cu suma sarcinilor negative ale electronilor care se rotesc şi de aceea atomul este considerat în total neutru.

Sarcina electronului este cantitatea cea mai mică de electricitate cunoscută ($4{,}80 \cdot 10^{-10}$ unităţi electrostatice). Dacă se ia aceasta ca unitate, sarcina nucleului, exprimată în astfel de unităţi, va fi numeric egală cu numărul de ordine (atomic) al elementului, care arată locul ocupat de elementul dat în sistemul periodic al elementelor.

Electronii care înconjoară nucleul se împart în grupe sau straturi care formează învelişul atomului. Fiecărui strat îi aparţine un anumit număr de electroni, care îl umple. Electronii aceluiaşi strat se caracterizează printr-o rezervă de energie aproape identică, sau cum se spune, se află la acelaşi *nivel de energie*. Învelişul de electroni al atomului este format din cîteva straturi sau nivele de energie, notate prin literele: K, L, M, N, O... Cu litera K se notează stratul cel mai apropiat de nucleu — nivelul de energie cel mai de jos. Electronii din fiecare strat următor se găsesc la un nivel de energie mai înalt decît electronii din stratul precedent. Numărul maxim de

electroni care se poate găsi într-un strat dat (la un nivel de energie dat) este egal cu $2n^2$, unde n este numărul stratului. Afară de aceasta, s-a stabilit că numărul de electroni din stratul exterior al tuturor elementelor nu depăşeşte opt.

Electronii din stratul exterior, fiind cei mai depărtaţi de nucleu şi deci cel mai slab legaţi de nucleu, se pot desprinde din atom şi adiţiona la alţi atomi, intrînd în componenţa stratului exterior al acestora din urmă (dacă pînă atunci a avut mai puţin de opt electroni). Pierderea de electroni sau adiţionarea lor la un atom dezechilibrează neutralitatea atomului şi el devine încărcat: în primul caz—pozitiv, iar în al doilea caz—negativ. Astfel de particule încărcate se numesc *ioni*.

Ionii se notează cu aceleaşi simboluri ca şi atomii, adăugînd în dreapta sus atîtea semne plus sau minus, cîte unităţi are sarcina ionului. De exemplu, ionul de calciu cu două sarcini pozitive se notează cu simbolul Ca^{++} sau Ca^{2+}, ionul clor cu o sarcină negativă, cu simbolul Cl^- etc.

Mărimea sarcinii unui ion depinde de numărul de electroni pierduţi sau primiţi (adiţionaţi) de atom. Astfel, de exemplu, dacă atomul de magneziu, care are în învelişul său 12 electroni, pierde doi electroni din stratul exterior, atunci ionul de magneziu format va avea sarcina $+2$, deoarece în urma pierderii electronilor sarcina nucleului egală cu $+12$, nu se modifică, iar sarcina totală a electronilor rămaşi va deveni egală cu -10 (sarcina ionului va fi $-10+12=+2$).

Se dă încă un exemplu. Atomul de sulf are în total 16 electroni, dintre care şase se află în stratul exterior. Dacă el adiţionează încă doi electroni, se obţine ionul de sulf încărcat cu două sarcini negative, deoarece sarcina totală a electronilor va deveni egală cu -18, iar sarcina nucleului este egală cu $+16$ (sarcina ionului va fi $-18+16=-2$).

Astfel, adiţionarea unui număr oarecare de electroni la atom, îl transformă pe acesta în ion cu acelaşi număr de sarcini negative; invers, pierderea de către atom a unui număr oarecare de electroni, transformă atomul în ion cu acelaşi număr de sarcini pozitive.

La rîndul lor, mulţi ioni pot ceda sau adiţiona electroni, transformîndu-se astfel în atomi neutri sau în ioni cu alte sarcini.

Prin pierderea electronilor, sarcina pozitivă a ionilor se măreşte, iar sarcina negativă se micşorează sau devine egală

Scanned with OKEN Scanner

cu zero (adică ionii se transformă în atomi neutri). Invers, prin adiționarea electronilor la ioni se micșorează sarcina lor pozitivă și se mărește sarcina negativă.

Astfel, de exemplu, dacă ionul fier, încărcat cu două sarcini pozitive Fe^{++}, cedează un electron, se transformă în ionul cu trei sarcini Fe^{+++}, iar dacă adiționează doi electroni, se transformă în atom neutru Fe; dacă ionul staniu cu patru sarcini Sn^{++++}, adiționează doi electroni, se transformă în ion staniu cu două sarcini Sn^{++}, iar dacă adiționează patru electroni, se obține atomul neutru de staniu Sn; ionul sulf încărcat cu două sarcini negative S^{--}, cedînd doi electroni, se transformă în atom de sulf S etc.

Dacă se notează electronul cu litera *e* cu semnul minus, toate transformările enumerate se pot scrie astfel:

$$Fe^{++} - e^{-} \rightarrow Fe^{+++}$$
$$Fe^{++} + 2e^{-} \rightarrow Fe$$
$$Sn^{++++} + 2e^{-} \rightarrow Sn^{++}$$
$$Sn^{++++} + 4e^{-} \rightarrow Sn$$
$$S^{--} - 2e^{-} \rightarrow S$$

Capacitatea atomului de a se transforma în ion pozitiv sau negativ depinde de locul ocupat de elementul respectiv în sistemul periodic al lui D. I. Mendeleev. Atomii elementelor, care se găsesc la începutul unei perioade, au sarcina nucleului mai mică decît atomii elementelor care se află la sfîrșitul perioadei. În primul caz, electronii sînt mai slab atrași decît în cazul al doilea și de aceea, în general, tendința atomilor de a capta electroni crește în perioade de la stînga la dreapta, crescînd în același timp și numărul electronilor în stratul exterior al atomului. Nu se pot transforma în ioni negativi decît atomii care au în stratul exterior mai mult de cinci electroni (atomii metaloizilor). Atomii care au în stratul exterior mai puțin de patru electroni (afară de atomul de hidrogen) pot numai să cedeze electroni și după cum se știe, niciodată nu îi adiționează. Astfel sînt atomii elementelor care se numesc metale.

Cedarea electronilor sau adiționarea lor la atomi se întîmplă în diferite procese chimice, mai ales la formarea multor substanțe compuse din substanțe simple, cînd se combină între ei atomii elementelor care formează această combinație.

Scanned with OKEN Scanner

2. Compuşi ionici şi atomici

După caracterul legăturii chimice dintre atomi, toate substanţele (afară de metale) pot fi împărţite în două grupe principale:

1. Substanţe cu *legătură ionică* sau *electrovalentă* formate din ioni încărcaţi negativ sau pozitiv, legaţi între ei de forţe de atracţie electrostatică. Compuşii care au astfel de legături se numesc *compuşi ionici.*

2. Substanţe cu *legătură covalentă* sau *atomică,* formate din molecule neutre din punct de vedere electric. Legătura între atomi se realizează în urma interacţiunii electronilor, care devin în acest caz comuni ambilor atomi care s-au combinat. Compuşii cu legătura covalentă între atomii care formează molecule se numesc *compuşi atomici.*

Reprezentanţii tipici ai substanţelor cu legătura ionică sînt sărurile, oxizii bazici etc. Reprezentanţii tipici ai substanţelor cu legătură atomică sînt gazele simple—hidrogen, oxigen, azot.

Este imposibil să se facă o delimitare netă între compuşii ionici sau atomici, deoarece există mulţi compuşi care au alături de legătură ionică, şi legătură atomică.

3. Formarea compuşilor ionici

Conform teoriei moderne a legăturii chimice, formarea compuşilor ionici din atomi se petrece în felul în care se arată mai jos. La început, atomul unui element captează un număr de electroni din atomul celuilalt element, din care cauză ambii atomi se transformă în ioni. Ionii rezultaţi avînd sarcini de semn contrar se atrag reciproc, formînd compuşi cu legătură ionică.

Astfel, de exemplu, la formarea clorurii de sodiu din elemente, atomii de sodiu, care au în stratul exterior un singur electron, întîlnind atomii de clor care au în stratul exterior şapte electroni, cedează acestora electronii lor, care se găsesc în stratul exterior, transformîndu-se în ioni pozitivi de sodiu, încărcaţi cu o singură sarcină, Na^+. În acelaşi timp, atomii de clor, care au primit în stratul lor exterior încă un electron, devin ioni negativi, încărcaţi cu o singură sarcină. Apoi, forţa de atracţie electrostatică dintre sarcinile de sens contrar, leagă

Scanned with OKEN Scanner

ionii formaţi între ei, obţinîndu-se ca rezultat o sare, clorura de sodiu (fig. 1).

Notînd electronii cu e^-, procesele care se petrec la formarea clorurii de sodiu pot fi reprezentate prin următoarele ecuaţii *electronice:*

$$Na - e^- = Na^+$$
$$Cl + e^- = Cl^-$$
$$Na^+ + Cl^- = Na^+Cl^- \text{ (sau NaCl)}$$

În mod asemănător, la formarea oxidului de aluminiu, atomii de aluminiu cedează cîte trei electroni atomilor de oxigen. Fiecare atom de oxigen captează doi electroni, deoarece în stratul exterior se află deja şase electroni. Ca rezultat, se obţin ioni de aluminiu încărcaţi cu trei sarcini pozitive Al^{+++} şi

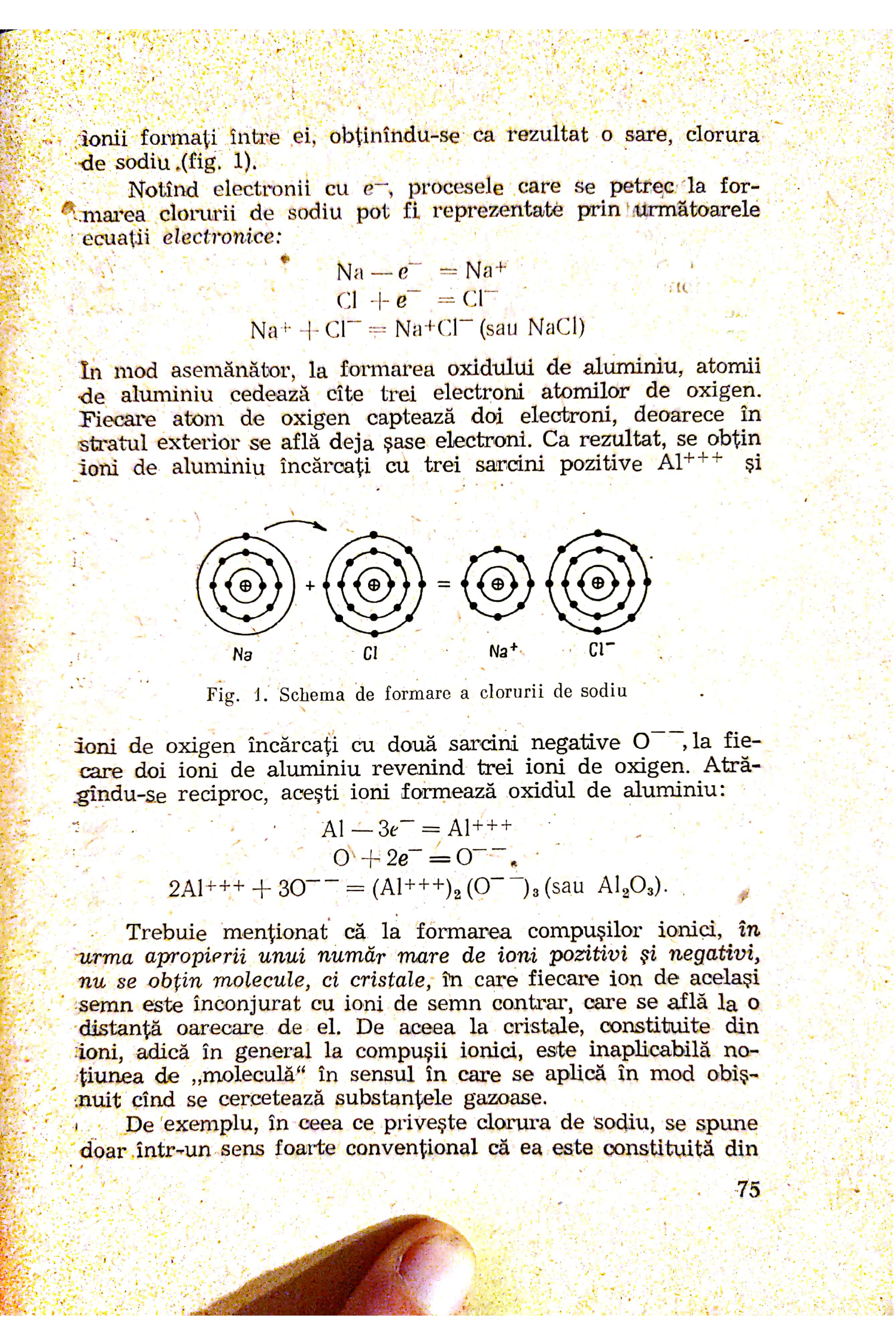
Fig. 1. Schema de formare a clorurii de sodiu

ioni de oxigen încărcaţi cu două sarcini negative O^{--}, la fiecare doi ioni de aluminiu revenind trei ioni de oxigen. Atrăgîndu-se reciproc, aceşti ioni formează oxidul de aluminiu:

$$Al - 3e^- = Al^{+++}$$
$$O + 2e^- = O^{--}$$
$$2Al^{+++} + 3O^{--} = (Al^{+++})_2(O^{--})_3 \text{ (sau } Al_2O_3).$$

Trebuie menţionat că la formarea compuşilor ionici, *în urma apropierii unui număr mare de ioni pozitivi şi negativi, nu se obţin molecule, ci cristale,* în care fiecare ion de acelaşi semn este înconjurat cu ioni de semn contrar, care se află la o distanţă oarecare de el. De aceea la cristale, constituite din ioni, adică în general la compuşii ionici, este inaplicabilă noţiunea de „moleculă" în sensul în care se aplică în mod obişnuit cînd se cercetează substanţele gazoase.

De exemplu, în ceea ce priveşte clorura de sodiu, se spune doar într-un sens foarte convenţional că ea este constituită din



moleculă de NaCl. În realitate, nu există asemenea molecule în cristalele acesteia. Întregul cristal este format dintr-un număr mare de ioni de Na^+ și Cl^-. De aceea formula NaCl, strict vorbind, nu reprezintă molecula clorurii de sodiu; ea demonstrează numai că în această substanță, la fiecare atom, sau mai exact, ion de sodiu, revine un atom (ion) de clor, ceea ce determină perfect compoziția în greutate a clorurii de sodiu. Totuși, ulterior se folosește des termenul „moleculă", aplicabil la săruri în acele cazuri, în care este necesar să se demonstreze corelația dintre numărul de ioni pozitivi și negativi, care formează sarea dată.

Concepțiile expuse mai sus asupra mecanismului de formare a compușilor ionici duc la concluzia că *în compușii ionici valența elementelor nu este altceva decît numărul sarcinilor electrice ale ionilor lor*. De aceea ea se mai numește electrovalență.

Mărimea electrovalenței este determinată de numărul electronilor cedați de atom la formarea unui ion pozitiv, sau primiți de el la formarea unui ion negativ. În primul caz, electrovalența se consideră pozitivă, iar în al doilea—negativă. De exemplu, în oxidul de aluminiu, aluminiul este trivalent pozitiv, iar oxigenul este bivalent negativ; în clorura de sodiu, sodiul este monovalent pozitiv, iar clorul monovalent negativ.

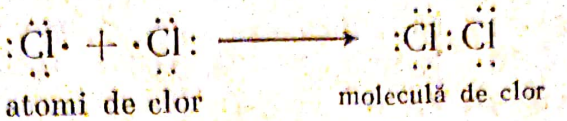
4. Formarea compușilor atomici

La formarea compușilor atomici nu se produce nici cedarea de electroni, nici adiționarea lor la atomii elementelor care s-au combinat. Legătura dintre atomi, în moleculele compușilor atomici, se realizează prin formarea uneia sau a mai multor perechi de electroni, care devin comune atomilor care se combină, adică intră concomitent în componența învelișurilor de electroni ale celor doi atomi, rotindu-se pe orbite, care cuprind nucleele ambilor atomi.

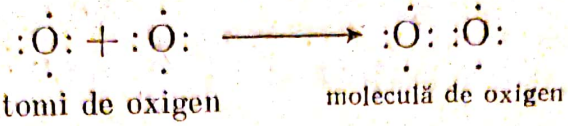
Pentru reprezentarea legăturii determinată de prezența electronilor comuni, în formulele chimice ale compușilor covalenți se pun în jurul simbolului fiecărui atom atîtea puncte, cîți electroni sînt în stratul lui exterior. Electronii care sînt comuni la doi atomi se notează prin puncte puse între simbolurile lor chimice. Legătura dublă și triplă se notează cu două sau trei perechi de puncte plasate între simbolurile atomilor.

Scanned with OKEN Scanner

Folosind aceste notaţii, se poate reprezenta sugestiv formarea şi structura moleculelor compuşilor covalenţi. Ca exemplu se dau schemele de formare a moleculelor de clor şi oxigen:

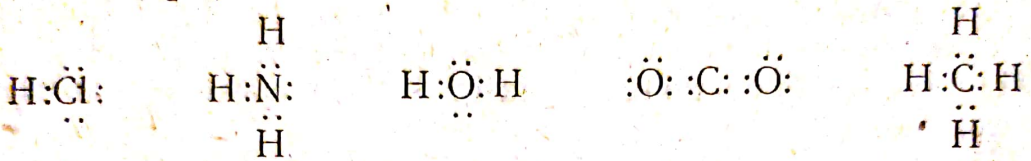


atomi de clor — moleculă de clor



atomi de oxigen — moleculă de oxigen

Schemele următoare reprezintă structura moleculelor cîtorva compuşi chimici cu legătură covalentă:



acid clorhidric — amoniac — apă — bioxid de carbon — metan

Deoarece la formarea legăturilor covalente electronii nu se deplasează de la un atom la altul, este clar că moleculele cu legătura covalentă nu conţin ioni. Totuşi, dacă atomii care formează molecula nu sînt de acelaşi fel, perechile comune de electroni pot fi deplasate în direcţia atomului care are caracterul metaloidic mai pronunţat. De exemplu, în molecula de HCl, atomii hidrogenului şi clorului sînt legaţi între ei prin legătură covalentă. Electronii comuni sînt deplasaţi spre clor, care este un element cu caracter metaloidic mai pronunţat şi din această cauză, atomii de clor sînt încărcaţi parţial negativ, iar atomii de hidrogen — parţial pozitiv, ceea ce se poate reprezenta în felul următor:

$$\overset{+}{H}:\overset{-}{Cl}$$

În aceste cazuri, legătura covalentă se numeşte *polară*, spre deosebire de legătura covalentă *nepolară*, cînd electronii comuni se găsesc la distanţă egală de ambii atomi, ca de exemplu, în molecula de hidrogen H : H.

Direcţia în care se deplasează electronii este determinată de poziţia atomilor corespunzători în sistemul periodic. Astfel:

1) în limitele unei perioade electronii se deplasează de la elementul aflat mai spre stînga, spre elementul care se

află mai spre dreapta; de exemplu, în molecula de PCl_3 electronii se deplasează spre clor, deoarece clorul se află în aceeași perioadă mai spre dreapta decît fosforul;

2) în limitele subgrupelor principale, electronii se deplasează de la elementul inferior la cel superior; de exemplu, în molecula de SO_2 electronii sînt deplasați spre oxigen care se află în aceeași grupă cu sulful, însă deasupra lui.

5. Valența elementelor în compușii atomici

Deoarece în moleculele compușilor atomici, formați din elemente cu proprietăți diferite, din cauza deplasărilor perechilor de electroni comuni, unii atomi pot fi parțial încărcați pozitiv, iar alții negativ, noțiunea de valență pozitivă și negativă a elementelor poate fi extinsă și la compușii cu legături atomice.

Mărimea valenței pozitive și negative a elementelor în compușii atomici este determinată de sarcinile pe care le-ar căpăta ionii, dacă electronii comuni care leagă atomii în moleculă ar trece în întregime la acei atomi, în direcția cărora sînt deplasați.

Astfel, de exemplu, dacă electronii comuni din molecula de PCl_3 ar trece în întregime la atomii de clor, atunci aceștia s-ar transforma în ioni negativi cu o singură sarcină Cl^-, iar atomul de fosfor — în ion pozitiv cu trei sarcini P^{3+}; dacă electronii comuni din molecula de SO_2 ar trece spre atomii de oxigen, atunci atomii de oxigen s-ar transforma în ioni negativi cu două sarcini O^{2-}, iar atomul de sulf — în ion pozitiv cu patru sarcini S^{4+}.

În felul acesta, în compusul PCl_3, fosforul este pozitiv trivalent, iar clorul—negativ monovalent; în compusul SO_2 sulful este pozitiv tetravalent, iar oxigenul, după cum este în general în toți compușii — negativ bivalent.

6. Determinarea valenței elementelor în substanțele compuse

Din cele expuse mai sus cu privire la valența elementelor în compușii ionici cît și în compușii atomici, se poate trage ușor concluzia, că *în orice compus chimic suma algebrică a unităților de valențe negative și pozitive este egală cu zero.* Aceasta dă posibilitatea să se calculeze valoarea și semnul

Scanned with OKEN Scanner

valenței elementului din orice substanță compusă, dacă se cunosc valențele celorlalte elemente, care intră în compoziția ei. La calculare trebuie să se aibă în vedere faptul că hidrogenul este pozitiv monovalent în toți compușii, în afară de compușii cu metalele (hidrurile metalelor), iar oxigenul este negativ bivalent (excepție fac compușii oxigenului cu fluorul F_2O, unde oxigenul este pozitiv bivalent).

Metalele au întotdeauna valență pozitivă.

Exemplul 1. Să se determine valența manganului din compusul K_2MnO_4.

Rezolvare. Din formulă rezultă că în acest compus la fiecare doi atomi de potasiu revin un atom de mangan și patru de oxigen. Valența atomului de potasiu este +1, iar valența atomului de oxigen este —2. Notînd numărul unităților de valență ale manganului cu x, se poate scrie următoarea ecuație:

$$2 + x - 2 \cdot 4 = 0,$$

de unde

$$x = 8 - 2 = +6,$$

adică, manganul din compusul dat este hexavalent pozitiv.

În mod asemănător se calculează valența elementelor în diferiți radicali.

Exemplul 2. Să se determine valența fosforului din restul acid al acidului pirofosforic P_2O_7.

Rezolvare. Deoarece într-o moleculă de acid pirofosforic $H_4P_2O_7$, acest rest este legat cu patru atomi de hidrogen monovalent pozitiv, valența lui este egală cu —4, pentru că suma unităților de valență pozitive și negative ale atomilor care îl formează este —4. Pentru a determina valența fosforului, se calculează sarcinile ionilor de hidrogen și oxigen.

Notînd numărul unităților de valență ale fosforului cu x, se scrie ecuația:

$$2x + (-2 \cdot 7) = -4$$

de unde:

$$2x = -4 + 14 = +10$$

$$x = +5,$$

adică, fosforul este pentavalent pozitiv.

Scanned with OKEN Scanner

PROBLEME

268. Cîți electroni cedează sau capătă atomii și ionii de mai jos la transformările indicate cu săgeți ? Să se scrie aceasta sub formă de ecuații electronice :

$Fe^{3+} \rightarrow Fe$; $Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+}$; $S^{2-} \rightarrow S$; $Ni^{2+} \rightarrow Ni^{3+}$; $Cr \rightarrow Cr^{3+}$.

269. Cîți electroni trebuie să capete sau să cedeze ionii indicați mai jos, pentru a se transforma în atomi neutri ?

Br^-, O^{2-}, Ba^{2+}, Mn^{4+}, Al^{3+}.

270. În ce se transformă următorii ioni, dacă din fiecare se scot cîte doi electroni ?

S^{2-}, Sn^{2+}, Pt^{4+}, Sb^{3+}, Tl^{+}.

271. Să se arate prin ecuații electronice procesele de formare din atomi ale următorilor compuși ionici :

MgO, SnO_2, $CaCl_2$, Al_2S_3.

272. Să se arate prin ecuații electronice procesele de formare din atomi ale următoarelor substanțe :

Na_2S, $AlBr_3$, Cr_2O_3, CaO.

273. Din care ioni sînt formate moleculele următoarelor substanțe:

Ag_2O, $MgBr_2$, Fe_2O_3, CaS.

Să se reprezinte acești ioni prin simboluri.

274. Să se scrie separat toți ionii care intră în compoziția substanțelor următoare :

CaS, Li_2O, $SnCl_4$, CuO, Bi_2O_3, AgJ.

275. Să se indice în partea cărui element se deplasează electronii în moleculele următorilor compuși atomici :

JCl_3, NO, SiF_4, F_2O,

și să se determine valențele elementelor din acești compuși.

276. Să se determine mărimea și semnul valenței elementelor din compușii SiF_4 și NJ_3 și să se explice cum au fost determinate.

277. Să se scrie schemele electronice ale structurii moleculelor următorilor compuși cu legătură atomică :

NCl_3, C_2H_2, Cl_2O.

Să se indice valențele elementelor din fiecare compus.

278. Să se scrie schemele electronice ale structurii moleculelor :

CS_2, HJ, JCl_3.

Să se arate valoarea și semnul valenței atomilor care formează fiecare moleculă.

Scanned with OKEN Scanner

279. Să se arate schemele straturilor electronice ale următorilor ioni :

$$F^-, \quad K^+, \quad Ca^{++}, \quad S^{--}.$$

280. Să se scrie schemele electronice ale structurii moleculelor :

$$HBr, \quad Fe_2O, \quad C_2H_4.$$

281. Să se determine valoarea și semnul valenței elementelor din următorii compuși :

$$SiCl_4, \quad BF_3, \quad PBr_3, \quad JCl.$$

282. Câți electroni pot să conțină straturile electronice complete, întîiul, al doilea și al treilea ale atomilor ?

283. Să se determine valoarea și semnul valenței fierului, cromului, reniului și vanadiului din următorii compuși :

$$K_2FeO_4, \quad NaCrO_2, \quad HReO_4, \quad Ca(VO_3)_2.$$

284. Să se determine valoarea și semnul valenței clorului, manganului, aluminiului și iodului din următorii compuși :

$$HClO_4, \quad K_2MnO_4, \quad Zn(AlO_2)_2, \quad KJO_3.$$

285. Să se afle valența cromului în fiecare dintre următorii compuși :

$$K_2CrO_4, \quad K_2Cr_2O_7, \quad KCrO_2, \quad KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O.$$

286. Să se arate prin calcul că valența siliciului este aceeași în următorii compuși naturali : feldspat $K_2Al_2Si_6O_{16}$; caolin $H_4Al_2Si_2O_9$; azbest $CaMg_3Si_4O_{12}$.

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL X

ECHILIBRUL CHIMIC

1. Viteza reacţiilor chimice. Calcularea sistemelor în echilibru

Viteza reacţiei chimice se măsoară pe baza variaţiei în unitatea de timp a concentraţiei substanţelor care reacţionează. Prin concentraţie, se înţelege cantitatea de substanţă din unitatea de volum. Concentraţia se exprimă de obicei prin numărul de moli de substanţă conţinut într-un litru.

Factorii principali care influenţează viteza de reacţie sînt concentraţiile substanţelor care reacţionează şi temperatura.

Viteza unei reacţii chimice este direct proporţională cu produsul concentraţiilor substanţelor care reacţionează. Această dependenţă poartă denumirea de *legea acţiunii maselor* şi se exprimă matematic prin următoare ecuaţie:

$$v = k\,[A]^m \cdot [B]^n,$$

unde v este viteza de reacţie; [A] şi [B] — concentraţiile substanţelor A şi B care reacţionează; m şi n — coeficienţii din formulele ecuaţiilor reacţiilor; k — constantă pentru reacţia dată, mărime denumită *constanta de viteză*. În cazurile cînd coeficienţii m şi n sînt egali fiecare cu unitatea, ecuaţia capătă o formă mai simplă:

$$v = k\,[A] \cdot [B].$$

Legea acţiunii maselor se poate aplica numai la substanţele gazoase şi dizolvate. Dacă iau parte în reacţie şi substanţe solide, a căror concentraţie este constantă, viteza de reacţie variază numai în funcţie de concentraţia gazelor sau a substanţelor dizolvate. De exemplu, viteza de reacţie a

arderii sulfului ($S + O_2 = SO_2$) este proporțională numai cu concentrația oxigenului:

$$v = k\,[O_2].$$

Dependența vitezei de reacție de temperatură se exprimă prin aceea că, prin creșterea temperaturii cu fiecare 10°, viteza de reacție se mărește de obicei de 2—3 ori. La micșorarea temperaturii, viteza de reacție se micșorează tot de atîtea ori.

Numărul care arată de cîte ori crește viteza unei reacții date la ridicarea temperaturii cu 10°, se numește *coeficientul de temperatură al reacției.*

Cu timpul, viteza de reacție se micșorează, deoarece concentrația substanțelor se micșorează pe măsură ce reacția se dezvoltă. Dar dacă reacția este reversibilă și decurge într-un spațiu închis, odată cu micșorarea vitezei reacției directe (v_1) se mărește viteza reacției inverse (v_2), ca urmare a acumulării de produse ale reacției directe. Cînd ambele viteze devin egale, intervine starea de echilibru, iar schimbarea ulterioară a concentrației tuturor substanțelor care iau parte la reacție, încetează.

Dacă se reprezintă reacția reversibilă în formă generală prin ecuația:

$$mA + nB \rightleftarrows pC + qD,$$

relația dintre concentrațiile la echilibru se exprimă prin formula:

$$K = \frac{[C]^p \cdot [D]^q}{[A]^m \cdot [B]^n},$$

unde K este constantă pentru temperatura dată — *constanta de echilibru,* care nu depinde de concentrația substanțelor care reacționează*). Această relație arată că reacțiile reversi-

---

*) Expresia constantei de echilibru se mai poate da și sub forma:

$$K_1 = \frac{[A]^m \cdot [B]^n}{[C]^p \cdot [D]^q},$$

însă în acest caz valoarea numerică a constantei va fi desigur alta: $K_1 = \frac{1}{K}$. În problemele din carte, mărimea K este dată ca în primul caz.

bile ajung la echilibru atunci cînd raportul dintre produsul concentraţiilor substanţelor formate şi produsul concentraţiilor substanţelor care iau parte la reacţie devine egal cu mărimea care este constantă pentru reacţia dată (la temperatura dată).

Legile expuse permit să se facă un şir de calcule importante.

Exemplul 1. Se amestecă 1 l soluţie de glucoză cu 2 l alcool etilic. Concentraţia ambelor substanţe pînă la amestecare a fost 0,6 mol/l. Să se determine concentraţia alcoolului şi glucozei după amestecare.

Rezolvare. Volumul amestecului este 3 l. Acest volum conţine după amestecare 0,6 mol glucoză şi $0,6 \cdot 2 = 1,2$ mol alcool etilic. Prin urmare, concentraţia glucozei este $\frac{0,6}{3} = 0,2$ mol/l, iar a alcoolului $\frac{1,2}{3} = 0,4$ mol/l.

Exemplul 2. Cum variază viteza reacţiei :

$$2SO_2 + O_2 \rightleftarrows 2SO_3,$$

dacă se micşorează volumul amestecului gazos de trei ori?

Rezolvare. Fie concentraţiile SO_2 şi O_2 pînă la schimbarea volumului:

$$[SO_2] = a \qquad [O_2] = b.$$

În aceste condiţii, viteza de reacţie este:

$$v = k \cdot a^2 b.$$

Ca urmare a micşorării volumului de trei ori, concentraţiile SO_2 şi O_2 se măresc tot de atîtea ori şi devin:

$$[SD_2] = 3a \qquad [O_2] = 3b.$$

La concentraţiile noi, viteza de reacţie este:

$$v' = k\ (3a)^2 \cdot 3b = k \cdot 27a^2 b.$$

Comparînd v şi v', se vede că viteza de reacţie s-a mărit de 27 ori.

Exemplul 3. O reacţie reversibilă este exprimată prin ecuaţia:

$$A + 2B \rightleftarrows C.$$

Scanned with OKEN Scanner

La stabilirea echilibrului, concentraţiile substanţelor care iau parte la reacţie au fost:

$$[A] = 0{,}6 \text{ mol/l}; \quad [B] = 1{,}2 \text{ mol/l}; \quad [C] = 2{,}16 \text{ mol/l}.$$

Să se calculeze constanta de echilibru şi concentraţiile iniţiale ale substanţelor A şi B.

Rezolvare. Pentru reacţia dată, constanta de echilibru se exprimă prin ecuaţia:

$$K = \frac{[C]}{[A] \cdot [B]^2}.$$

Înlocuind în această ecuaţie concentraţiile cu valorile lor date în condiţiile problemei, se obţine:

$$K = \frac{2{,}16}{0{,}6 \cdot (1{,}2)^2} = 2{,}5.$$

Pentru a determina concentraţiile iniţiale ale substanţelor A şi B, trebuie să se aibă în vedere că, în conformitate cu ecuaţia reacţiei, din 1 mol A şi 2 mol B se formează 1 mol C. De aici reiese că la formarea fiecăror 2,16 mol C, sînt necesari 2,16 mol A şi $2{,}16 \cdot 2 = 4{,}32$ mol B. Astfel, concentraţiile iniţiale ale substanţelor A şi B (adică numărul molilor A şi B la fiecare litru amestec pînă la pornirea reacţiei) au fost:

$$[A] = 0{,}6 + 2{,}16 = 2{,}76 \text{ mol/l};$$

$$[B] = 1{,}2 + 4{,}32 = 5{,}54 \text{ mol/l}.$$

Exemplul 4. Se amestecă 8 mol SO_2 cu 4 mol O_2. Reacţia decurge într-un vas închis, la temperatură constantă. În momentul cînd se ajunge la echilibru, în amestec rămîne 20% din cantitatea iniţială de SO_2. Să se determine presiunea amestecului gazos la echilibru, dacă presiunea iniţială a fost 3 at.

Rezolvare. Reacţia care are loc se exprimă prin ecuaţia:

$$2SO_2 + O_2 \rightleftarrows 2SO_3.$$

Din datele problemei, în momentul stabilirii echilibrului rămîne 20% SO_2, adică 1,6 mol; prin urmare, numărul molilor SO_2 care au reacţionat este egal cu 6,4. Deoarece conform ecuaţiei reacţiei, la fiecare 2 mol SO_2 se consumă 1 mol O_2, numărul molilor de O_2 care au reacţionat trebuie să fie egal cu 3,2, iar al celor rămaşi, 0,8. Numărul molilor de SO_3

formaţi ca rezultat al reacţiei este egal cu numărul molilor de SO_2 care au reacţionat, adică 6,4. Astfel, numărul total de moli al celor trei substanţe la echilibru va fi:

$$1{,}6+0{,}8+6{,}4=8{,}8 \text{ mol.}$$

Într-un vas închis, la temperatură constantă, presiunea gazului este direct proporţională cu numărul molilor care se găsesc în vas. Presiunea iniţială a amestecului gazos a fost 3 at, iar numărul molilor 12. Presiunea de echilibru *(p)* se determină din proporţia:

$$12 : 8{,}8 = 3 : p;$$

$$p = \frac{8{,}8 \cdot 3}{12} = 2{,}2 \text{ at.}$$

Exemplul 5. Constanta de echilibru a reacţiei :

$$CO_2 + H_2 \rightleftarrows CO + H_2O$$

la 850° este egală cu unitatea. Concentraţiile iniţiale ale bioxidului de carbon şi ale hidrogenului au fost:

$$[CO_2] = 0{,}2 \text{ mol/l}; \quad [H_2] = 0{,}8 \text{ mol/l.}$$

Să se calculeze la ce concentraţii ale celor patru substanţe se stabileşte echilibrul.

Rezolvare. Se notează cu x numărul molilor de CO_2 din fiecare litru de amestec care au reacţionat pînă în momentul stabilirii echilibrului. Din ecuaţia reacţiei se vede că în acelaşi timp trebuie să fi reacţionat şi x mol H_2. Acelaşi număr de moli de CO şi H_2O trebuie să se fi format, ca rezultat al reacţiei. De aceea, concentraţiile tuturor celor patru substanţe, la stabilirea echilibrului, se pot exprima astfel:

$$[CO] = [H_2O] = x; \quad [CO_2] = 0{,}2 - x; \quad [H_2] = 0{,}8 - x.$$

Înlocuind aceste valori în formula constantei de echilibru a reacţiei date, se obţine:

$$\frac{x^2}{(0{,}2 - x)\ (0{,}8 - x)} = 1.$$

Rezolvînd această ecuaţie, se găseşte că $x = 0{,}16$ mol/l. Prin urmare, la stabilirea echilibrului:

$$[CO] = [H_2O] = 0{,}16 \text{ mol/l};$$
$$[CO_2] = 0{,}2 - 0{,}16 = 0{,}04 \text{ mol/l};$$
$$[H_2] = 0{,}8 - 0{,}16 = 0{,}64 \text{ mol/l.}$$

Scanned with OKEN Scanner

Exemplul 6. Acidul iodhidric se disociază prin încălzire în iod și hidrogen. La o temperatură oarecare, constanta de echilibru a acestei reacții este 1/64. Să se calculeze cîte procente de acid iodhidric se disociază la această temperatură.

Rezolvare. Disocierea acidului iodhidric se exprimă prin ecuația:

$$2HJ \rightleftarrows H_2 + J_2.$$

Se presupune că inițial, concentrația HJ a fost de 2 mol/l și că în momentul stabilirii echilibrului, din fiecare 2 mol HJ s-au disociat cîte x mol. Deoarece din 2 mol HJ se formează 1 mol H_2 și 1 mol J_2, din x mol HJ trebuie să se formeze $\frac{x}{2}$ mol H_2 și tot atîția moli J_2. Prin urmare, la echilibru, concentrațiile acidului iodhidric, hidrogenului și iodului se pot exprima astfel:

$$[HJ] = (2-x) \text{ mol/l}; \qquad [H_2] = [J_2] = \frac{x}{2} \text{ mol/l}.$$

Se înlocuiesc aceste valori în formula constantei de echilibru a reacției date:

$$\frac{1}{64} = \frac{\left(\frac{x}{2}\right)^2}{(2-x)^2}.$$

Extrăgînd rădăcina patrată din ambele părți ale ecuației, se obține:

$$\frac{1}{8} = \frac{x}{2(2-x)},$$

de unde:

$$x = 0{,}4 \text{ mol/l}.$$

Astfel, din fiecare 2 mol HJ, pînă în momentul stabilirii echilibrului se disociază 0,4 mol, ceea ce în procente înseamnă 20% din cantitatea inițială de acid iodhidric.

2. Deplasarea echilibrului chimic

Starea echilibrului chimic depinde, în special, de trei factori: a) concentrația substanțelor care reacționează; b) temperatura și c) presiunea, în cazul cînd în reacție iau parte gaze sau vapori. La schimbarea a cel puțin uneia dintre mărimile indicate, se distruge echilibrul, și concentrațiile tuturor sub-

Scanned with OKEN Scanner

stanţelor care iau parte la reacţie încep să se schimbe. Variaţia concentraţiilor continuă pînă cînd produsul concentraţiilor substanţelor formate, împărţit la produsul concentraţiilor substanţelor care intră în reacţie, devine egal cu constanta de echilibru a reacţiei date la temperatura dată. În acest moment se stabileşte din nou echilibrul, dar de data aceasta, pentru alte concentraţii decît cele anterioare.

Procesul de schimbare a concentraţiilor, provocat de distrugerea echilibrului, se numeşte *deplasarea echilibrului.* Dacă prin aceasta se măresc concentraţiile substanţelor care se găsesc în partea dreaptă a ecuaţiei, se spune că echilibrul se deplasează la dreapta; la mărirea concentraţiilor care se găsesc în membrul stîng al ecuaţiei, se spune că are loc deplasarea echilibrului spre stînga.

Sensul în care se deplasează echilibrul este determinat de următoarea regulă:

Dacă se modifică una dintre condiţiile la care un sistem se găseşte în stare de echilibru chimic, de exemplu, concentraţia uneia dintre substanţele care reacţionează, sau temperatura, sau presiunea, echilibrul se deplasează în sensul acelei reacţii care tinde să restabilească condiţiile anterioare, adică valoarea anterioară a concentraţiei schimbate sau a temperaturii anterioare, sau a presiunii anterioare (principiul lui Le Châtelier).

Astfel, de exemplu, în cazul reacţiei:

$$2SO_2 + O_2 \rightleftarrows 2SO_3 + 42{,}2 \text{ kcal},$$

se pot întîmpla următoarele deplasări ale echilibrului:

1. La mărirea concentraţiei gazelor SO_2 sau O_2, sau la micşorarea concentraţiei vaporilor de SO_3, echilibrul se deplasează la dreapta, deoarece prin aceasta concentraţia bioxidului de sulf şi a oxigenului se micşorează din nou, iar concentraţia anhidridei sulfurice se măreşte. Dimpotrivă, micşorarea concentraţiei de SO_2 sau O_2, sau creşterea concentraţiei lui SO_3 provoacă deplasarea echilibrului la stînga, însoţită de creşterea concentraţiei bioxidului de sulf şi a oxigenului şi micşorarea în acelaşi timp a concentraţiei anhidridei sulfurice.

2. La scăderea temperaturii, echilibrul se deplasează la dreapta, deoarece reacţia de formare a anhidridei sulfurice este însoţită de degajare de căldură şi, prin urmare, deplasarea indicată de echilibru măreşte din nou temperatura. Dacă dimpotrivă, se măreşte temperatura, are loc deplasarea echili-

Scanned with OKEN Scanner

brului spre stînga, în sensul reacţiei care are loc cu absorbţie de căldură.

3. La mărirea presiunii prin comprimarea amestecului de substanţe care reacţionează, echilibrul se deplasează la dreapta, deoarece prin aceasta presiunea scade din nou ca urmare a micşorării numărului total de molecule din amestec (din fiecare două molecule bioxid de sulf şi o moleculă oxigen, se formează numai două molecule anhidridă sulfurică). Micşorarea presiunii provoacă deplasarea echilibrului spre stînga, însoţită de creşterea numărului total de molecule, iar ca urmare presiunea va creşte din nou.

În toate cazurile arătate mai sus, cauza directă a deplasării echilibrului este distrugerea egalităţii vitezelor reacţiei directe şi a celei inverse.

Dacă prin schimbarea concentraţiilor, temperaturii sau presiunii, vitezele reacţiei directe şi a celei inverse variază în mod egal, nu are loc nici deplasarea echilibrului. Dacă însă viteza reacţiei directe se măreşte sau scade de un număr mai mare de ori decît viteza reacţiei inverse, echilibrul nu se poate păstra, ci începe să se deplaseze în sensul reacţiei a cărei viteză a ajuns să fie mai mare. Deplasarea echilibrului continuă pînă cînd viteza ambelor reacţii se egalează.

Din cele de mai sus, rezultă că problema deplasării echilibrului şi a sensului în care acesta se va deplasa, poate fi rezolvată în multe cazuri pe baza calculului schimbării vitezelor reacţiei directe şi inverse.

Exemplu. La încălzirea într-un vas închis a unui amestec format din oxid de carbon şi clor se stabileşte echilibrul:

$$CO + Cl_2 \rightleftarrows COCl_2.$$

Cum va varia viteza reacţiei directe şi a celei inverse, dacă la temperatură constantă se măreşte presiunea de două ori prin micşorarea volumului amestecului gazos? Să se arate dacă se schimbă viteza de deplasare a echilibrului.

Rezolvare. Fie concentraţiile CO, Cl_2 şi $COCl_2$ pînă la micşorarea volumului (adică la stabilirea echilibrului):

$$[CO] = a; \quad [Cl_2] = b; \quad [COCl_2] = c.$$

În aceste condiţii, viteza reacţiei directe v_1 este:

$$v_1 = k_1 \cdot ab,$$

iar viteza reacției inverse v_2:

$$v_2 = k_2 \cdot c.$$

După micșorarea volumului amestecului gazos de două ori, se măresc și concentrațiile celor trei gaze tot de atîtea ori, iar vitezele ambelor reacții vor deveni:

$$v_1' = k_1 \cdot 2a \cdot 2b = k_1 \cdot 4ab\ ;$$

$$v_2' = k_2 \cdot 2c\ .$$

Împărțind v'_1 la v_1, se află de cîte ori se mărește viteza reacției directe:

$$\frac{v'_1}{v_1} = \frac{k_1 \cdot 4ab}{k_1 \cdot ab} = 4.$$

Tot astfel se află și mărirea vitezei reacției inverse:

$$\frac{v'_2}{v_2} = \frac{k_2 \cdot 2c}{k_2 \cdot c} = 2.$$

Astfel, viteza reacției directe se mărește de patru ori, iar a celei inverse numai de două ori. Deoarece echilibrul poate exista numai la egalitatea vitezelor ambelor reacții, este clar că în cazul analizat, echilibrul se distruge și începe să se deplaseze în sensul reacției care decurge acum cu o viteză mai mare, adică în direcția formării $COCl_2$.

Dacă la rezolvarea acestei probleme se folosește principiul lui Le Châtelier, se ajunge la aceeași concluzie.

PROBLEME

287. Concentrația unui gaz este 3 mol/l. La ce presiune se găsește gazul, dacă temperatura lui este 0° ?

288. Să se exprime în moli pe litru concentrația unui gaz luat în condiții normale.

289. Ținînd seama că aerul din atmosferă conține 20% oxigen în volume, să se exprime în moli pe litru, concentrația oxigenului din aerul atmosferic la presiunea normală și temperatura de 0°.

290. Se amestecă 2 l soluție de substanță A cu 3 l soluție de substanță B. Concentrația soluției A înainte de amestecare este 0,6 mol/l iar a substanței B, 1 mol/l. Să se calculeze concentrațiile substanțelor A și B imediat după amestecare.

291. Să se scrie expresiile matematice ale vitezelor următoarelor reacții :

$$2Al + 3Cl_2 = 2AlCl_3\ ; \qquad 2CO + O_2 = 2CO_2.$$

Scanned with OKEN Scanner

292. Un amestec gazos este format din hidrogen și clor. Reacția are loc după ecuația:

$$H_2 + Cl_2 = 2HCl.$$

Cum variază viteza de reacție, dacă se mărește presiunea de trei ori?

293. Reacția dintre oxid de carbon și clor are loc după ecuația:

$$CO + Cl_2 \rightleftarrows COCl_2.$$

Concentrația oxidului de carbon este 0,3 mol/l, iar a clorului 0,2 mol/l. Cum se va modifica viteza de reacție, dacă se mărește concentrația clorului pînă la 0,6 mol/l, iar concentrația oxidului de carbon pînă la 1,2 mol/l?

294. Cum se va schimba viteza reacției:

$$2NO + O_2 \longrightarrow 2NO_2,$$

care are loc într-un vas închis, dacă se mărește presiunea de patru ori?

295. Reacția dintre substanțele A și B este exprimată prin ecuația:

$$A + 2B = C.$$

Concentrația inițială a substanței A este egală cu 0,3 mol/l, iar a substanței B — 0,5 mol/l. Constanta vitezei de reacție este 0,4. Să se afle viteza inițială a reacției și viteza reacției după trecerea unui timp oarecare, cînd concentrația substanței A se micșorează la 0,1 mol.

296. În două vase de capacitate egală se introduc: în primul 1 mol de gaz A și 2 mol de gaz B, iar în cel de-al doilea, 2 mol de gaz A și 1 mol de gaz B. Temperatura în ambele vase este aceeași. Cu ce viteză va decurge reacția dintre A și B într-un vas și în celălalt, în următoarele cazuri:

a) dacă se exprimă prin ecuația A+B=C;

b) dacă se exprimă prin ecuația 2A+B=D?

297. La 150° o reacție oarecare se termină în 16 min. Considerînd coeficientul de temperatură al reacției egal cu 2,5, să se calculeze după cîte minute s-ar termina această reacție la 200° și la 80°.

298. Echilibrul reacției $H_2 + J_2 \rightleftarrows 2HJ$ a fost stabilit la următoarele concentrații ale substanțelor care iau parte:

$$[H_2] = 0{,}25 \text{ mol/l}; \quad [J_2] = 0{,}05 \text{ mol/l}; \quad [HJ] = 0{,}9 \text{ mol/l}.$$

Să se determine concentrațiile inițiale ale iodului și hidrogenului.

299. La starea de echilibru a sistemului

$$N_2 + 3H_2 \rightleftarrows 2NH_3,$$

concentrațiile substanțelor care iau parte la reacție au fost:

$$[N_2] = 3 \text{ mol/l}; \quad [H_2] = 9 \text{ mol/l}; \quad [NH_3] = 4 \text{ mol/l}.$$

Care au fost concentrațiile inițiale ale hidrogenului și azotului?

300. La încălzirea NO_2, într-un vas închis, pînă la o temperatură oarecare, echilibrul reacției :

$$2NO_2 \rightleftarrows 2NO + O_2,$$

s-a stabilit la următoarele concentrații :

$$[NO_2] = 0{,}06 \text{ mol/l} ; \quad [NO] = 0{,}24 \text{ mol/l} ; \quad [O_2] = 0{,}12 \text{ mol/l}.$$

Să se calculeze valoarea constantei de echilibru pentru această temperatură și concentrația inițială a NO_2.

301. Substanțele inițiale din reacția :

$$CO + Cl_2 \rightleftarrows COCl_2,$$

sînt luate în cantități echivalente. Reacția are loc într-un vas închis, la temperatură constantă. În momentul stabilirii echilibrului rămîne 50% din cantitatea inițială de CO. Care va fi presiunea la echilibru, dacă presiunea inițială a amestecului a fost 1 at ?

302. Cum se schimbă presiunea în momentul stabilirii echilibrului în reacția :

$$N_2 + 3H_2 \rightleftarrows 2NH_3,$$

care are loc într-un vas închis, la temperatură constantă, dacă concentrațiile inițiale ale azotului și hidrogenului au fost respectiv egale cu 2 și 6 mol/l și dacă echilibrul se stabilește atunci cînd reacționează 10% din cantitatea inițială de azot ?

303. O reacție reversibilă este exprimată prin ecuația :

$$A + B \rightleftarrows C + D.$$

Constanta de echilibru este egală cu unitatea. Concentrația inițială a substanței A este 2 mol/l. Să se calculeze ce cantitate în procente din A s-a transformat, concentrațiile inițiale ale substanței B, fiind 2, 10 și 20 mol/l.

304. O reacție reversibilă este exprimată prin ecuația :

$$A + B \rightleftarrows C + D.$$

Constanta de echilibru este egală cu 2,5. Se poate stabili echilibru la egalitatea concentrațiilor tuturor celor patru substanțe ? Să se dea un răspuns motivat.

305. Pentaclorura de fosfor se disociază la încălzire după ecuația:

$$PCl_5 \rightleftarrows PCl_3 + Cl_2.$$

La o temperatură oarecare, din 2 mol PCl_5, care se găsesc într-un vas închis cu capacitatea de 10 l, se descompun 1,5 mol. Să se calculeze constanta de echilibru la această temperatură.

306. La încălzirea într-un vas închis a unui amestec de bioxid de carbon și hidrogen, se stabilește echilibrul :

$$CO_2 + H_2 \rightleftarrows CO + H_2O.$$

Scanned with OKEN Scanner

Constanta de echilibru la 850° este egală cu unitatea. Să se calculeze ce cantitate, în procente, de CO se transformă în CO la 850°, dacă se amestecă 1 mol CO_2 și 5 mol H_2?

307. Constanta de echilibru pentru reacția:

$$H_2 + J_2 \rightleftarrows 2HJ$$

la 445° este egală cu unitatea. Câți moli de hidrogen trebuie să se ia la 1 mol de iod, pentru ca 90% din ultimul să se transforme în acid iodhidric?

308. La încălzirea amestecului de bioxid de carbon și hidrogen pînă la 850° s-a stabilit echilibrul:

$$CO_2 + H_2 \rightleftarrows CO + H_2O$$

Constanta de echilibru la temperatura indicată este egală cu unitatea. În ce raport de volume s-au amestecat bioxidul de carbon și hidrogenul, dacă în momentul stabilirii echilibrului, 90% din hidrogen s-a transformat în apă?

309. La 1 000°, constanta de echilibru a reacției:

$$FeO + CO \rightleftarrows Fe + CO_2$$

este 0,5. Care vor fi concentrațiile CO și CO_2 la echilibru, dacă inițial, concentrațiile lor au următoarele valori:

$$[CO] = 0{,}05 \text{ mol/l}; \quad [CO_2] = 0{,}01 \text{ mol/l}.$$

310. În anumite condiții, acidul clorhidric se oxidează cu oxigenul, formînd vapori de apă și clor, stabilindu-se echilibrul:

$$4HCl + O_2 \rightleftarrows 2H_2O + 2Cl_2.$$

Reacția este exotermă. Să se răspundă la următoarele întrebări:

a) în ce direcție se deplasează echilibrul la mărirea temperaturii?

b) se va schimba echilibrul, dacă la temperatură constantă se va mări presiunea?

311. De ce schimbarea presiunii deplasează echilibrul reacției:

$$N_2 + 3H_2 \rightleftarrows 2NH_3.$$

și nu deplasează echilibrul reacției:

$$N_2 + O_2 \rightleftarrows 2NO.$$

312. Reacția de reducere a bioxidului de carbon cu cărbune se exprimă prin ecuația:

$$CO_2 + C \rightleftarrows 2CO - 38{,}3 \text{ kcal}.$$

Scanned with OKEN Scanner

În ce direcție se deplasează echilibrul la mărirea temperaturii? Se distruge oare echilibrul la creșterea presiunii?

313. Echilibrul reacției $2SO_2+O_2 \rightleftarrows 2SO_3$ a fost stabilit la următoarele concentrații ale substanțelor reactante:

$$[SO_2] = 0{,}1 \text{ mol/l}; \quad [O_2] = 0{,}05 \text{ mol/l}; \quad [SO_3] = 0{,}9 \text{ mol/l}.$$

Să se calculeze cum se schimbă viteza reacției directe și inverse, dacă se micșorează de două ori volumul ocupat de aceste gaze. Se deplasează în acest caz echilibrul? Să se dea răspunsul pe bază de calcul.

314. Să se calculeze cum se modifică viteza reacțiilor directe și inverse în sistemele la echilibru indicate mai jos, dacă se mărește presiunea de două ori:

$$H_2 + J_2 \rightleftarrows 2HJ,$$

$$2NO + O_2 \rightleftarrows 2NO_2.$$

Ținînd seama de rezultatele calculului, să se arate cum este influențat echilibrul acestor sisteme de schimbarea presiunii indicată mai sus.

315. Reacția de formare a amoniacului din hidrogen și azot decurge după ecuația:

$$N_2 + 3H_2 \rightleftarrows 2NH_3.$$

Folosindu-se egalitatea dintre viteza reacției directe și cea a reacției inverse, să se demonstreze că mărindu-se presiunea, echilibrul trebuie să se deplaseze în sensul formării amoniacului.

316. În ce parte se deplasează echilibrul reacțiilor:

$$2H_2S \rightleftarrows 2H_2 + S_2 - 10 \text{ kcal},$$

$$N_2O_4 \rightleftarrows 2NO_2 - 13{,}6 \text{ kcal},$$

$$CO + H_2O \rightleftarrows CO_2 + H_2 + 10{,}2 \text{ kcal},$$

a) la scăderea temperaturii; b) la mărirea presiunii?

317. Cum influențează mărirea presiunii, la temperatură constantă, asupra echilibrului următoarelor sisteme:

$$2HBr \rightleftarrows H_2 + Br_2 - 16{,}8 \text{ kcal},$$

$$2CO + O_2 \rightleftarrows 2CO_2 + 136 \text{ kcal},$$

$$N_2 + O_2 \rightleftarrows 2NO - 43{,}2 \text{ kcal}.$$

În ce direcție se deplasează echilibrul la creșterea temperaturii?

Scanned with OKEN Scanner

318. Cum va influența creșterea presiunii asupra următoarelor echilibre :

$$2H_2 + O_2 \rightleftarrows 2H_2O(g),$$

$$CO_2 + C\,(s) \rightleftarrows 2CO,$$

$$CaCO_3\,(s) \rightleftarrows CaO\,(s) + CO_2\,.$$

319. Să se arate ce schimbări ale concentrațiilor substanțelor reactante pot deplasa spre dreapta echilibrul reacției :

$$CO_2 + C \rightleftarrows 2CO.$$

Care este efectul termic care însoțește formarea CO în reacția dată, dacă mărirea temperaturii deplasează echilibrul spre dreapta ?

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL XI

SOLUȚII

1. Concentrațiile soluțiilor

Concentrația unei soluții se numește cantitatea de substanță dizolvată, conținută într-o anumită cantitate, în greutate sau în volum, de soluție.

În chimie se folosesc trei moduri de exprimare a concentrației:

a) *Concentrația procentuală*, exprimată în procente de greutate, arată numărul de grame de substanță dizolvată în 100 g soluție. De exemplu, o soluție 20% de azotat de sodiu este o soluție care în 100 g conține 20 g azotat de sodiu și 80 g apă.

b) *Concentrația molară* exprimă numărul de molecule-gram (moli) de substanță dizolvată într-un litru de soluție. Soluția care conține într-un litru 1 mol substanță dizolvată se numește monomolară sau mai simplu molară (soluție 1 m); soluția care conține 0,1 mol, se numește decimolară (soluție 0,1 m) etc.

c) *Concentrația normală* se exprimă prin numărul de echivalenți-gram (val) de substanță dizolvată, conținuți într-un litru soluție. Soluția se numește mononormală sau normală dacă conține într-un litru 1 val de substanță dizolvată (soluție 1 n); seminormală, dacă conține 0,5 val/l (soluție 0,5 n) etc.

La determinarea cantității de substanță necesară pentru prepararea unei soluții cu o normalitate oarecare, trebuie să se aibă în vedere următoarele:

Echivalentul unui acid este egal cu greutatea lui moleculară, împărțită prin bazicitate. De exemplu, echivalentul acidului fosforic H_3PO_4 este:

$$\frac{H_3PO_4}{3} = \frac{98}{3} = 32{,}7.$$

Scanned with OKEN Scanner

Echivalentul unei baze este egal cu greutatea ei moleculară, împărţită prin valenţa metalului din care este formată. De exemplu, echivalentul hidroxidului de calciu $Ca(OH)_2$ este:

$$\frac{Ca(OH)_2}{2} = \frac{74}{2} = 37.$$

Echivalentul unei sări este egal cu greutatea ei moleculară, împărţită prin produsul dintre valenţa metalului şi numărul atomilor lui din molecula sării respective. De exemplu, echivalentul $Fe_2(SO_4)_3$ este:

$$\frac{Fe_2(SO_4)_3}{3 \cdot 2} = \frac{400}{6} = 66{,}7$$

Uneori, concentraţia soluţiei se caracterizează prin greutatea ei specifică. Deoarece greutatea specifică a soluţiei depinde de concentraţia substanţei dizolvate, determinînd greutatea specifică se poate afla concentraţia soluţiei din tabelele respective ce se găsesc în lucrările de specialitate.

A. *Prepararea soluţiilor de concentraţii diferite.* Calculele legate de prepararea soluţiilor de concentraţii diferite pot fi ilustrate prin următoarele exemple:

Exemplul 1. Cîte grame de hidroxid de sodiu sînt necesare pentru prepararea a 3 l soluţie 10%?

Rezolvare. Se caută în tabele greutatea specifică a soluţiei de hidroxid de sodiu 10%; se găseşte 1,115.

Se calculează greutatea a 3 l soluţie, folosind relaţia dintre greutatea *(G)*, volum *(V)* şi greutatea specifică (γ)

$$G = V \cdot \gamma = 3\,000 \cdot 1{,}115 = 3\,345 \text{ g.}$$

Din condiţiile problemei, 10% din această greutate trebuie să fie hidroxid de sodiu. Prin urmare, cantitatea de hidroxid de sodiu necesară pentru prepararea a 3 l de soluţie 10% este:

$$\frac{3\,345 \cdot 10}{100} = 334{,}5 \text{ g}$$

Exemplul 2. Cîte grame de sulfat de cupru $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ trebuie cîntărite pentru a prepara 1 kg de soluţie 8%, calculată în sare anhidră?

Rezolvare. 1 kg de soluţie 8% trebuie să conţină $1\,000 \cdot 0{,}08 = 80$ g sare anhidră. 1 mol $CuSO_4$ cîntăreşte 160 g, iar 1 mol $CuSO_2 \cdot 5H_2O$ cîntăreşte 250 g. Prin urmare, 250 g

Scanned with OKEN Scanner

sulfat de cupru conţin 160 g sare anhidră. Cantitatea de sulfat de cupru care conţine 80 g sare anhidră se calculează din proporţia :

$$250 : 160 = x : 80,$$

de unde:

$$x = \frac{250 \cdot 80}{160} = 125 \text{ g}.$$

Astfel, pentru a prepara 1 kg de soluţie 8%, trebuie să se ia 125 g sulfat de cupru şi 1 000—125=875 g apă.

Exemplul 3. Cîte grame de acid azotic sînt conţinute în 200 ml soluţie 0,1 m?

Rezolvare. Cantitatea de 1 mol de HNO_3 cîntăreşte 63 g. Prin urmare, 1 l soluţie 0,1 m conţine 6,3 g HNO_3, iar 200 ml:

$$\frac{6,3 \cdot 200}{1\,000} = 1,26 \text{ g}.$$

Exemplul 4. Ce molaritate (adică numărul de moli la litru) are soluţia care conţine 10,5 g KOH în 300 ml?

Rezolvare. Se calculează cantitatea de KOH conţinută în 1 l din soluţia dată, folosind proporţia:

$$300 : 1\,000 = 10,5 : x,$$

$$x = 35 \text{ g}.$$

1 mol KOH cîntăreşte 56 g. Prin urmare, 35 g corespund la $\frac{35}{56} = 0,625$ mol. Molaritatea soluţiei este egală cu 0,625.

Exemplul 5. Cîte grame de carbonat de sodiu cristalizat $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ trebuie să se ia pentru a prepara 1 l soluţie 0,1 n?

Rezolvare. Greutatea moleculară a $Na_2CO_3 \cdot 10HO_2$ este 286. Un val carbonat de sodiu cîntăreşte 286 : 2=143 g; 0,1 val (echivalent-gram) este egal cu 14,3 g. Prin urmare, pentru a prepara 1 l soluţie 0,1 n, trebuie să se ia 14,3 g carbonat de sodiu cristalizat, care se dizolvă într-un balon cotat într-o cantitate mică de apă şi se completează apoi cu apă pînă la 1 l.

Exemplul 6. Cîtă apă trebuie adăugată la 200 ml soluţie 68% de HNO_3 (gr. sp. 1,4) pentru a obţine o soluţie de 10%?

Rezolvare. 200 ml soluţie 68% de HNO_3 cîntăresc $1,4 \cdot 200 = 280$ g şi conţin $280 \cdot 0,68 = 190,4$ g HNO_3. Aceeaşi cantitate de acid va fi conţinută şi în soluţia care se diluează

Scanned with OKEN Scanner

pînă la concentrația 10%. Prin urmare, întreaga soluție obținută după adăugarea apei trebuie să cîntărească :

$$\frac{190{,}4 \cdot 100}{10} = 1\,904 \text{ g}.$$

Deoarece soluția inițială cîntărește 280 g, cantitatea de apă care trebuie adăugată pentru obținerea unei soluții cu concentrația cerută este de:

$$1\,904 - 280 = 1\,624 \text{ g}.$$

Exemplul 7. Cîți mililitri de acid sulfuric de 96% (gr. sp. 1,84) trebuie să se ia pentru a prepara 1 l soluție 0,5n ?

Rezolvare. Echivalentul acidului sulfuric este egal cu jumătatea greutății moleculare, adică 49. Pentru a prepara 1 l de soluție 0,5 n este nevoie de 0,5 val sau 24,5 g.

1 ml de acid sulfuric 96% cîntărește 1,84 g și conține $\frac{1{,}84 \cdot 96}{100} = 1{,}77$ g H_2SO_4. Prin urmare, pentru prepararea unei soluții 0,5 n trebuie să se ia acid de 96%:

$$\frac{24{,}5}{1{,}77} = 13{,}84 \text{ ml}.$$

Exemplul 8. Se dispune de o soluție 2 n de hidroxid de bariu $Ba(OH)_2$. Cum se prepară din ea 1 l soluție 0,1n?

Rezolvare. 1 l soluție 2 n conține 2 val $Ba(OH)_2$, iar 1 l soluție 0,1 n—0,1 val $Ba(OH)_2$. Această cantitate de $Ba(OH)_2$ va fi conținută în $\frac{1\,000 \cdot 0{,}1}{2} = 50$ ml soluție 2 n. Prin urmare, pentru a prepara 1 l soluție 0,1 n, trebuie să se ia 50 ml soluție 2 n și apoi să se dilueze cu apă pînă la 1 l.

B. *Trecerea de la o exprimare a concentrației la alta.* În calculele chimice, concentrația procentuală trebuie să fie transformată de multe ori în concentrație molară sau normală și invers. Mai jos se dau cîteva exemple.

Exemplul 1. Care este molaritatea unei soluții 20% de acid clorhidric, cu greutatea specifică 1,10?

Rezolvare. 1 l soluție 20% de HCl cîntărește 1 100 g și conține $1\,100 \cdot 0{,}20 = 220$ g HCl. 1 mol HCl cîntărește 36,5 g. Pentru determinarea molarității soluției de 20%, se calculează cîți moli HCl corespund la 220 g:

$$220 : 36{,}5 = 6{,}03.$$

Molaritatea soluției este 6,03.

Exemplul 2. Cîte procente de NaOH conţine o soluţie 2 n, cu greutatea specifică 1,08?

Rezolvare. Greutatea moleculară a NaOH este 40. 1 l soluţie 2 n cîntăreşte $1{,}08 \cdot 1\,000 = 1\,080$ g şi conţine 2 mol sau 80 g NaOH. Conţinutul procentual de NaOH din soluţie se află din proporţia:

$$1\,080 : 80 = 100 : x$$

$$x = 7{,}4\%$$

C. *Calculul volumelor soluţiilor necesare pentru reacţii.* Cunoaşterea concentraţiei soluţiilor folosite la efectuarea diferitelor reacţii permite calcularea raporturilor de volume în care acestea trebuie să fie amestecate pentru ca substanţele dizolvate să reacţioneze total. Aceste calcule se simplifică foarte mult dacă se folosesc soluţii de normalitate cunoscută. Deoarece cantităţile în greutate ale substanţelor care reacţionează sînt proporţionale cu echivalenţii lor, este clar că pentru efectuarea reacţiilor trebuie să se ia întotdeauna astfel de volume ale soluţiilor, care să conţină acelaşi număr de echivalenţi-gram (val) de substanţe dizolvate. La aceeaşi normalitate a soluţiilor, aceste volume vor fi întotdeauna egale între ele; la normalitate diferită, volumele vor fi invers proporţionale cu normalităţile. Notînd volumele soluţiilor consumate în reacţie, cu V_1 şi V_2, iar normalitatea lor, adică concentraţiile exprimate în echivalenţi-gram la litru (val/l) cu c_1, respectiv c_2, se poate scrie:

$$V_1 : V_2 = c_2 : c_1,$$

sau

$$V_1 \cdot c_1 = V_2 \cdot c_2.$$

Exemplul 1. Cîţi mililitri soluţie 0,25 n de acid sulfuric sînt necesari pentru precipitarea totală sub formă de $BaSO_4$ a bariului conţinut în 20 ml soluţie 2 n de $BaCl_2$?

Rezolvare. Notînd volumul căutat al soluţiei de acid sulfuric cu V, se scrie proporţia:

$$V : 20 = 2 : 0{,}25.$$

de unde

$$V = \frac{20 \cdot 2}{0{,}25} = 160 \text{ ml}.$$

Scanned with OKEN Scanner

Exemplul 2. Pentru neutralizarea a 42 ml dintr-o soluție de acid este necesar să se adauge 14 ml soluție 0,3 n de hidroxid alcalin. Să se determine normalitatea acidului.

Rezolvare. Problema se rezolvă analog cu cea precedentă. Notînd normalitatea acidului cu x, se scrie proporția:

$$x : 0.3 = 14 : 42,$$

de unde

$$x = \frac{0,3 \cdot 14}{42} = 0,1.$$

PROBLEME

320. Să se exprime în procente concentrația soluției care conține 40 g zahăr în 280 g apă.

321. Ce cantitate de borax $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ și cîtă apă sînt necesare pentru prepararea a 2 kg soluție de 5%, calculată în sare anhidră ?

322. Cîte grame de sulfit de sodiu Na_2SO_3 sînt necesare pentru prepararea a 5 l de soluție 8%, a cărei greutate specifică este 1,075 ?

323. Ce cantitate de azotat de sodiu $NaNO_3$ trebuie să se ia pentru prepararea a 300 ml soluție 0,2 m ?

324. Cîte grame de sare Glauber $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ sînt necesare pentru prepararea a 2 l soluție 0,5 n de Na_2SO_4 ?

325. Cîte grame Na_2CO_3 sînt conținute în 500 ml de soluție 0,25 n?

326. Ce cantitate de apă trebuie adăugată la 100 ml soluție 20% de H_2SO_4 (gr. sp. 1,14), pentru a obține o soluție de 5% ?

327. Care este concentrația procentuală a acidului azotic obținut, dacă la 500 ml acid de 32%, care are greutatea specifică 1,2, se adaugă 1 l apă ?

328. Pînă la ce volum trebuie să se dilueze 500 ml soluție 20% de NaCl (gr. sp. 1,152), pentru a obține o soluție de 4,5% (gr. sp. 1,029)?

329. Cîți mililitri soluție 2 n de acid sulfuric sînt necesari pentru prepararea a 500 ml soluție 0,5 n ?

330. Ce cantitate de apă trebuie să se adauge la 100 ml soluție 1 n pentru a se obține o soluție 0,05 n ?

331. Se dă o soluție 2 m de carbonat de sodiu Na_2CO_3. Cum se prepară din aceasta 1 l soluție 0,25 n ?

332. Cîți mililitri de acid clorhidric concentrat (gr. sp. 1,19) care conțin 38% HCl trebuie să se ia pentru a obține 1 l soluție 2 n?

333. La 400 ml apă s-au adăugat 100 ml acid sulfuric de 96% (gr. sp. 1,84) și s-a obținut o soluție cu greutatea specifică 1,225. Să se exprime concentrația sa în procente și în vali la litru.

334. Să se calculeze normalitatea acidului clorhidric concentrat (gr. sp. 1,18), care conține 36,5% HCl.

335. Cîți mililitri de acid sulfuric 10%, cu greutatea specifică 1,07, sînt necesari pentru neutralizarea unei soluții care conține 16 g NaOH ?

Scanned with OKEN Scanner

336. Se dă o soluție care conține 18,9 g HNO_3 la litru și o soluție care conține 3,2 g NaOH la litru. În ce raporturi de volume trebuie amestecate pentru a obține o soluție neutră ?

337. Cîți mililitri soluție 0,2 n de alcalii sînt necesari pentru precipitarea totală sub formă de $Fe(OH)_3$ a fierului conținut în 100 ml soluție 0,5 n de $FeCl_3$?

338. Cîte grame $CaCO_3$ se vor precipita, dacă la 400 ml soluție 0,5 n de clorură de calciu $CaCl_2$ se adaugă un exces de soluție de carbonat de sodiu ?

339. Pentru neutralizarea a 20 ml soluție acidă 0,1 n este nevoie de 8 ml soluție de hidroxid de sodiu. Cîte grame de hidroxid de sodiu conține 1 l din această soluție ?

340. Pentru neutralizarea a 30 ml soluție alcalină 0,1 n este nevoie de 12 ml soluție acidă. Să se determine normalitatea acidului.

341. Pentru neutralizarea a 40 ml soluție alcalină s-au consumat 24 ml soluție 0,5 n de acid sulfuric. Care este normalitatea soluției alcaline ? Cît acid clorhidric 0,5 n ar fi necesar pentru același scop ?

342. Să se calculeze echivalenții hidroxidului de calciu $Ca(OH)_2$ și ai acidului fosforic H_3PO_4. Folosind valoarea echivalenților calculați să se determine cîte grame de hidroxid de calciu trebuie pentru neutralizarea a 150 g acid fosforic. Să se verifice calculul folosind ecuația reacției.

343. Să se calculeze echivalentul acidului sulfuric și al hidroxidului de aluminiu. Folosind valoarea echivalenților calculați, să se determine cît acid sulfuric este necesar pentru transformarea a 65 g hidroxid de aluminiu în sulfat de aluminiu. Să se verifice calculul folosind ecuația reacției.

344. Pentru neutralizarea unei soluții care conține 2,25 g acid au fost necesari 25 ml soluție alcalină 2 n. Să se determine din aceste date echivalentul acidului.

345. La neutralizarea a 20 ml soluție alcalină care conține 12 g la litru, s-au consumat 24 ml soluție acidă 0,25 n. Să se calculeze echivalentul soluției alcaline.

2. Solubilitatea

Drept măsură a solubilității unei substanțe servește concentrația soluției sale saturate. De multe ori, această concentrație se exprimă prin numărul de grame de substanță dizolvată, conținută în 100 g *solvent*.

Solubilitatea majorității substanțelor solide crește cu ridicarea temperaturii. Dimpotrivă, solubilitatea gazelor se micșorează întotdeauna cu creșterea temperaturii. Relația dintre solubilitate și temperatură se reprezintă de obicei grafic printr-o curbă de solubilitate; pe axa absciselor se notează temperatura, iar pe axa ordonatelor — solubilitatea. Curbele de solu-

Scanned with OKEN Scanner

bilitate permit să se găsească repede solubilitatea diferitelor substanţe la temperatura dată.

Afară de temperatură, solubilitatea gazelor este mult influenţată de presiunea la care se găseşte gazul.

Cantitatea în greutate dintr-un gaz dizolvat într-o cantitate dată de lichid este direct proporţională cu presiunea gazului. Deoarece cu mărirea sau micşorarea presiunii se măreşte (sau se micşorează) greutatea unităţii de volum de gaz, se poate spune că *volumul gazului dizolvat nu depinde de presiune.* Din această cauză, solubilitatea gazului se exprimă de obicei prin numărul volumelor de gaz care se dizolvă la temperatura dată în 100 volume de *solvent.*

Dacă deasupra unui lichid se găseşte un amestec de gaze, fiecare dintre ele se dizolvă corespunzător cu presiunea lor parţială.

Se dau cîteva exemple de calcul pentru determinarea solubilităţii substanţelor.

Exemplul 1. Pentru purificarea azotatului de potasiu KNO_3 prin cristalizare, s-au dizolvat la cald 300 g în 200 g apă. Cîte grame de azotat de potasiu se separă din soluţie, dacă aceasta se răceşte pînă la 10°?

Rezolvare. Folosind curba de solubilitate (fig. 2), se găseşte că solubilitatea azotatului de potasiu la 10° este $\sim$ 22 g la 100 g apă, sau 44 g la 200 g apă. Prin urmare, la răcirea soluţiei pînă la 10° trebuie să se separe din ea 300—44=256 g azotat de potasiu.

Exemplul 2. Cîte grame de oxigen se dizolvă în 100 l apă de ploaie la 20°, dacă solubilitatea lui la această temperatură este 3,1 ml la 100 ml apă?

Rezolvare. Considerînd că aerul atmosferic conţine 20% oxigen în volume, presiunea parţială a oxigenului va fi 0,2 at. Deoarece în 100 ml apă la 20° se dizolvă 3,1 ml oxigen, în 100 l se dizolvă 3,1 l.

Volumul obţinut se referă la temperatura de 20° şi presiunea de 0,2 at. Pentru a determina greutatea oxigenului dizolvat, se foloseşte ecuaţia:

$$pV = \frac{m}{M} \cdot RT,$$

de unde

$$m = \frac{pV \cdot M}{RT} = \frac{0{,}2 \cdot 3{,}1 \cdot 32}{0{,}082 \cdot 293} = 0{,}826 \text{ g}.$$

Scanned with OKEN Scanner

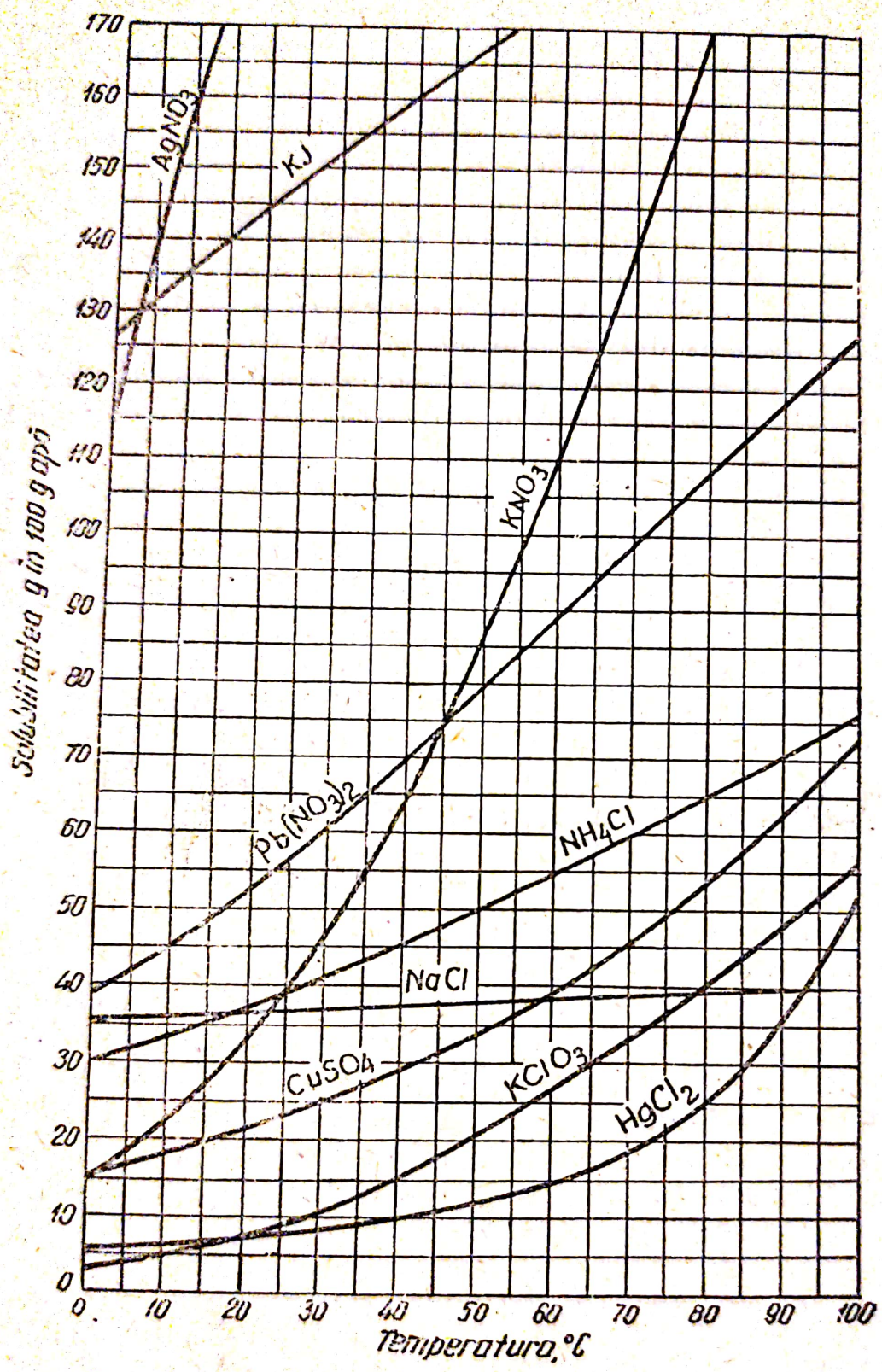


Fig. 2. Curbele de solubilitate a diferitelor săruri.

Scanned with OKEN Scanner

*) **346.** Să se exprime în procente concentrația la 20° a unei soluții saturate de clorură de sodiu.

*) **347.** În 500 g apă se dizolvă la cald 300 g de clorură de amoniu NH_4Cl. Cîte grame NH_4Cl se depun din soluție la răcirea ei pînă la 15° ?

*) **348.** Cîți litri de apă sînt necesari pentru dizolvarea a 100 g $HgCl_2$ la 20° ?

*) **349.** Cîte grame de clorat de potasiu $KClO_3$ vor cristaliza din 70 g soluție saturată la 80°, dacă aceasta din urmă se răcește pînă la 10° ?

*) **350.** Cîte grame de azotat de potasiu KNO_3 cristalizează din 105 g soluție saturată la 60°, dacă ea se răcește pînă la 0° ?

*) **351.** La ce temperatură solubilitatea azotatului de plumb $Pb(NO_3)_2$ și azotatului de potasiu KNO_3 vor fi aceleași ?

*) **352.** La ce temperatură se obține o soluție saturată de sulfat de cupru $CuSO_4$ 25% ?

353. O soluție de sulfat de cupru este saturată la 20°. Rămîne ea saturată la o răcire sub 20°, dacă în acest timp se separă cristale ? Va rămîne ea saturată la o încălzire mai mare de 20° ?

354. Un litru de apă este saturat cu bioxid de carbon la 0° și la presiune de 5 at. Ce volum ocupă bioxidul de carbon dizolvat, dacă acesta se degajă din apă și este adus în condiții normale (solubilitatea bioxidului de carbon la 0° este 171 ml la 100 ml apă) ?

355. Solubilitatea amoniacului la 20° este 702 ml la 1 ml apă. Să se exprime concentrația soluției obținute în procente.

356. Un litru de apă la 0° dizolvă 4,62 l hidrogen sulfurat. La ce presiune trebuie dizolvat hidrogenul sulfurat pentru a obține o soluție 5% ?

357. Admițînd că aerul atmosferic conține, în volume, 21% oxigen și 79% azot, să se calculeze conținutul procentual al aerului degajat din apă care are o temperatură de 20°, dacă solubilitatea oxigenului la această temperatură este de 31 ml, iar a azotului de 15,4 ml la 1 l apă.

358. Un amestec gazos care conține 40% protoxid de azot și 60% monoxid de azot (în volume) a fost dizolvat în apă la o temperatură de 17° și presiune constantă, pînă la saturarea completă. Care va fi conținutul procentual al amestecului după degajarea lui din apă, dacă solubilitatea protoxidului de azot la 17° este de 690 ml. iar solubilitatea monoxidului de azot 50 ml la 1 l apă ?

3. Căldura de dizolvare și de hidratare

Dizolvarea diferitelor substanțe în apă este însoțită de degajare sau absorbție de căldură. La dizolvarea unei substanțe solide se distruge rețeaua cristalină, iar particulele de sub-

*) Problemele însemnate cu o steluță se rezolvă cu ajutorul curbei de solubilitate (fig. 2).

stanță se repartizează uniform în întreaga masă a soluției. Acest proces consumă energie și, prin urmare, trebuie să fie însoțit de absorbție de căldură. Concomitent cu dizolvarea, are loc de multe ori încă un proces, — formarea de hidrați, însoțit de degajare de căldură.

În funcție de acela dintre procesele arătate, care este însoțit de un efect termic mai mare, efectul termic total al dizolvării va fi pozitiv, sau negativ.

Dizolvarea lichidelor este însoțită în majoritatea cazurilor de degajare de căldură. Tot astfel, se degajă căldură și la dizolvarea gazelor.

Cantitatea de căldură degajată sau absorbită la dizolvarea unei molecule-gram de substanță se numește *căldură de dizolvare*. Determinînd experimental căldura de dizolvare a unei substanțe solide anhidre și căldura de dizolvare a cristalohidratului respectiv (dacă acesta din urmă poate fi în genere obținut), se poate calcula și căldura de hidratare *).

Exemplul 1. La dizolvarea a 10 g clorură de amoniu NH_4Cl în 240 g apă, temperatura acesteia scade cu 3°. Să se determine căldura de dizolvare a NH_4Cl.

Rezolvare. Admițînd căldura specifică a soluției, din cauza concentrației sale mici, egală cu unitatea, se calculează cantitatea de căldură absorbită (Q), ținînd seamă de scăderea temperaturii:

$$Q = 240 \cdot 3 = 720 \text{ cal.}$$

O moleculă-gram de NH_4Cl cîntărește 53,5 g. Cantitatea de căldură absorbită este proporțională cu cantitatea de NH_4Cl dizolvată. Notînd căldura de dizolvare cu q, se scrie proporția:

$$q : 720 = 53.5 : 10,$$

de unde

$$q = 3\,852 \text{ cal} = 3{,}85 \text{ kcal.}$$

Căldura de dizolvare a clorurii de amoniu este —3,85 kcal.

Exemplul 2. La dizolvarea a 1 mol de clorură de calciu anhidră se degajă 17,4 kcal, iar la dizolvarea a 1 mol de cristalohidrat $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ se absorb 4,3 kcal. Să se determine căldura de hidratare a $CaCl_2$.

Rezolvare. Cantitatea de căldură degajată la dizolvarea $CaCl_2$ anhidră reprezintă suma algebrică a două efecte termice:

---

*) Căldurile de dizolvare variază în anumită măsură în funcție de cantitatea solventului luat.

Scanned with OKEN Scanner

dizolvarea și hidratarea. Deoarece la dizolvarea $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ nu mai are loc hidratarea, sarea fiind deja hidratată, valoarea —4,3 kcal este chiar căldura de dizolvare a clorurii de calciu. Notînd căldura de hidratare cu x, se poate scrie:

$$17{,}4 \text{ kcal} = -4{,}3 \text{ kcal} + x,$$

de unde

$$x = 21{,}7 \text{ kcal}.$$

PROBLEME

359. La dizolvarea a 10 g hidroxid de sodiu în 250 g apă, temperatura crește cu 9,5°. Să se determine căldura de dizolvare a NaOH, admițînd căldura specifică a soluției egală cu unitatea.

360. La dizolvarea a 1 mol H_2SO_4 în 800 g apă, temperatura s-a ridicat cu 22,9°. Să se determine căldura de dizolvare a acidului sulfuric, admițînd căldura specifică a soluției egală cu 0,9.

361. Căldura de dizolvare a azotatului de amoniu NH_4NO_3 este egală cu —6,4 kcal. Să se calculeze cu cîte grade scade temperatura la dizolvarea a 20 g NH_4NO_3 în 180 g apă, admițînd căldura specifică a soluției obținute egală cu 0,9.

362. La dizolvarea a 32 g sulfat de cupru $CuSO_4$ în 80 g apă se degajă 3,16 kcal, iar la dizolvarea a 50 g $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ în aceeași cantitate de apă, se absorb 0,56 kcal. Să se calculeze căldura de hidratare a $CuSO_4$.

363. Căldura de dizolvare a $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ este egală cu —18,8 kcal. Să se afle cu cîte grade scade temperatura la dizolvarea în 1 000 g apă a 0,5 mol din această sare, admițînd căldura specifică a soluției egală cu unitatea.

364. La dizolvarea a 8 g sulfat de cupru $CuSO_4$ în 192 g apă, temperatura se ridică cu 3,95°. Admițînd căldura specifică a soluției egală cu unitatea, să se determine căldura de hidratare a $CuSO_4$, căldura de dizolvare a $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ fiind egală cu —2,8 kcal.

365. Să se calculeze cu cîte grade trebuie să se ridice temperatura la dizolvarea a 1 mol acid sulfuric în 200 g apă, admițînd căldura specifică a soluției 0,75, iar căldura de dizolvare a acidului sulfuric 17,9 kcal.

4. Presiunea osmotică a soluțiilor

Fiecare soluție are o presiune osmotică determinată, a cărei mărime, pentru soluțiile diluate, este proporțională cu concentrația substanței dizolvate și cu temperatura absolută.

Presiunea osmotică a unei soluții este egală în mărime cu presiunea pe care ar exercita-o substanța dizolvată, dacă s-ar găsi la temperatura dată în stare gazoasă și ar ocupa un volum egal cu volumul soluției (legea lui van't Hoff).

Scanned with OKEN Scanner

Relaţia dintre mărimea presiunii osmotice, volumul soluţiei, cantitatea substanţei dizolvate şi temperatură, se exprimă prin ecuaţia lui van't Hoff, analogă cu ecuaţia de stare a gazelor:

$$\pi V = RT,$$

unde π este presiunea osmotică; V — volumul soluţiei care conţine o moleculă-gram de substanţă dizolvată; R — constantă, care are valoarea numerică egală cu valoarea constantei gazelor; T — temperatura absolută.

Înlocuind în această ecuaţie volumul V cu $\frac{1}{c}$, unde c este concentraţia soluţiei, exprimată în molecule-gram la litru, se obţine următoarea expresie simplă, pentru calcularea presiunii osmotice:

$$\pi = cRT.$$

Ecuaţia obţinută arată că la volum constant şi la temperatură constantă, valoarea presiunii osmotice depinde numai de numărul moleculelor dizolvate (sau molecule-gram) şi nu de natura soluţiei dizolvate sau a solventului. De aceea, soluţiile cu aceeaşi molaritate au, la aceeaşi temperatură, aceeaşi presiune osmotică. Toate soluţiile care conţin o moleculă-gram de substanţă dizolvată în 22,4 l, au la 0° presiunea osmotică egală cu 1 at. Fac excepţie soluţiile de electroliţi (acizi, baze şi săruri), la care valoarea presiunii osmotice întrece întotdeauna valoarea calculată teoretic.

Legile arătate mai sus permit să se calculeze valoarea presiunii osmotice a soluţiilor de neelectroliţi, cunoscîndu-se concentraţia, temperatura şi greutatea moleculară a substanţei dizolvate. Invers, determinînd experimental valoarea presiunii osmotice şi cunoscînd concentraţia soluţiei, se poate calcula greutatea moleculară a substanţei dizolvate. În calcule, trebuie să se aibă în vedere că legea presiunii osmotice se poate aplica numai la soluţii foarte diluate. De aceea, în cazul soluţiilor concentrate, calculele sînt numai aproximative.

Exemplul 1. Cît de mare este presiunea osmotică a unei soluţii care conţine 0,2 mol de neelectrolit la litu : a) la 0° ? b) la 17° ?

Rezolvare. Presiunea osmotică a unei soluţii, care conţine într-un litru 1 mol de substanţă dizolvată la 0°, trebuie să fie teoretic egală cu 22,4 at. Deoarece presiunea osmotică este

Scanned with OKEN Scanner

proporţională cu concentraţia soluţiei, pentru aflarea presiunii osmotice cerute se scrie proporţia:

$$22.4 : x = 1 : 0,2,$$

de unde

$$x = 4,48 \text{ at.}$$

Pentru a calcula valoarea presiunii osmotice la 17°, se foloseşte ecuaţia lui van't Hoff:

$$\pi = cRT.$$

Din datele problemei, c=0,2 mol, T=290°. Înlocuind aceste valori în ecuaţia de mai sus şi luînd R=0,082, se obţine:

$$\pi = 0,2 \cdot 0,082 \cdot 290 = 4,76 \text{ at.}$$

Exemplul 2. Să se determine greutatea moleculară a manitei, ştiind că presiunea osmotică a unei soluţii care conţine 9 g manită în 250 ml este egală cu 4,5 at la 0°.

Rezolvare. Un litru din soluţia indicată în problemă conţine 36 g manită sau $36/M$ mol, unde M este greutatea moleculară a manitei. Folosind ecuaţia lui van't Hoff şi avînd în vedere că $c = \frac{36}{M}$, se obţine:

$$415 = \frac{36}{M} \cdot 0,082 \cdot 273,$$

de unde

$$M = \frac{36}{4,5} \cdot 0,082 \cdot 273 = 179,1.$$

Problema poate fi rezolvată, de asemenea, prin metoda alcătuirii proporţiilor:

$$36 : M = 4,5 : 22,4,$$

$$M = \frac{36 \cdot 22,4}{4,5} = 179,1.$$

PROBLEME

366. Care soluţie are presiunea osmotică mai mare: aceea care conţine într-un litru 5 g naftalină $C_{10}H_8$ sau aceea care conţine într-un litru 5 g antracen $C_{14}H_{10}$? Să se dea un răspuns motivat, fără să se calculeze valorile presiunii osmotice.

Scanned with OKEN Scanner

367. În ce raport sînt una față de alta, cantitățile, în greutate, de formaldehidă HCHO și de glucoză $C_6H_{12}O_6$, conținute în volume egale de soluții care au la temperatura dată aceeași presiune osmotică?

368. Se amestecă 1 volum soluție de glucoză $C_6H_{12}O_6$ cu 3 volume soluție de uree $CO(NH_2)_2$. Presiunea osmotică a primei soluții este 2,8 at, iar a celei de-a doua — 1,4 at. Temperatura soluțiilor este aceeași. Cît de mare este presiunea osmotică a amestecului, la aceeași temperatură?

369. Soluțiile apoase de glicerină $C_3H_5(OH)_3$ și de alcool etilic C_2H_5OH, conțin într-un litru cantități egale în greutate de substanță dizolvată. Temperatura soluțiilor este aceeași. Care dintre aceste soluții are o presiune osmotică mai mare? De cîte ori?

370. Cît de mare este presiunea osmotică a unei soluții la 35°, care conține 0,05 mol de substanță dizolvată (neelectrolit) într-un litru?

371. Să se calculeze valoarea presiunii osmotice a unei soluții la 21°, care conține la litru 3,1 g anilină $C_6H_5NH_2$.

372. Să se arate dacă sînt egale presiunile osmotice ale soluțiilor care conțin în volume egale la aceeași temperatură: a) un număr egal de grame ale diferitelor substanțe dizolvate; b) un număr egal de molecule-gram.

373. Presiunea osmotică a unei soluții apoase, care conține 1 g zahăr $C_{12}H_{22}O_{11}$ în 100 ml, este 0,655 at la 0°. Cunoscînd aceasta, să se demonstreze că, pentru soluții, constanta din ecuația lui van't Hoff $\pi V = RT$, are numeric aceeași valoare ca și pentru gaze.

374. Cîți moli de neelectrolit trebuie să conțină 1 l de soluție, pentru ca presiunea sa osmotică la 0° să fie egală cu 1 at?

375. Cîte grame glucoză $C_6H_{12}O_6$ trebuie să conțină 1 l de soluție, pentru ca presiunea sa osmotică să fie aceeași ca a soluției care conține, la aceeași temperatură, 3 g formaldehidă HCHO la 1 l?

376. O soluție, care conține 3,75 g formaldehidă la 1 l, are presiunea osmotică 2,8 at la 0°. Să se determine greutatea moleculară a formaldehidei.

377. Presiunea osmotică a unei soluții care conține 3 g zahăr în 250 ml soluție este egală cu 0,82 at la 12°. Să se determine greutatea moleculară a zahărului.

5. Presiunea de vapori a soluțiilor

La dizolvarea într-un lichid a oricărei substanțe nevolatile, presiunea vaporilor saturanți ai acestui lichid scade. Astfel, presiunea vaporilor soluției unei substanțe nevolatile este întotdeauna mai mică decît presiunea vaporilor solventului pur la aceeași temperatură și este cu atît mai mică, cu cît soluția este mai concentrată.

Scanned with OKEN Scanner

Raportul dintre scăderea presiunii de vapori și concentrația soluției poate fi exprimat, pentru soluțiile diluate, prin următoarea ecuație :

$$\Delta p = p \frac{n}{N},$$

unde Δp este scăderea presiunii de vapori, adică diferența dintre presiunea vaporilor solventului pur și a soluției ; p — presiunea de vapori a solventului pur; n — numărul de moli de substanță dizolvată și N — numărul de moli ai solventului.

Ecuația arătată nu se aplică totuși soluțiilor de electroliți. Pentru soluțiile concentrate se observă de asemenea devieri mari de la această lege.

Folosind ecuația dată, se poate calcula: a) presiunea de vapori a diferitelor soluții, cunoscînd concentrația soluției și presiunea de vapori a solventului pur; b) greutățile moleculare ale substanțelor dizolvate, dacă se cunoaște presiunea de vapori a soluției și a solventului pur, concentrația soluției și greutatea moleculară a solventului; c) se pot face o serie de alte calcule legate de scăderea presiunii de vapori.

Exemplul 1. Care va fi presiunea de vapori la 20° a soluției care conține 0,2 mol zahăr și 450 g apă?

Rezolvare. Se calculează cîți moli H_2O sînt conținuți în 450 g apă. Deoarece 1 mol apă cîntărește 18 g, numărul de moli căutat este :

$$N = 450 : 18 = 25.$$

Presiunea de vapori a apei pure *(p)*, la 20°, este 17,5 mm ; n — 0,2 mol.

Înlocuind aceste date în relația prezentată mai sus, se determină valoarea care arată cu cît scade presiunea de vapori :

$$\Delta p = \frac{17{,}5 \cdot 0{,}2}{25} = 0{,}14 \text{ mm}.$$

Prin urmare, presiunea de vapori a soluției este :

$$17{,}5 - 0{,}14 = 17{,}36 \text{ mm}.$$

Exemplul 2. La 50°, presiunea de vapori a unei soluții care conține 23 g substanță dizolvată în 200 g alcool etilic

Scanned with OKEN Scanner

C_2H_5OH este 207,2 mm. Presiunea de vapori a alcoolului pur, la aceeaşi temperatură, este 219,8 mm. Să se determine greutatea moleculară a substanţei dizolvate.

Rezolvare. Scăderea presiunii vaporilor de alcool :

$$\Delta p = 219.8 - 207.2 = 12.6 \text{ mm.}$$

Greutatea moleculară a alcoolului este 46; prin urmare, numărul de moli ai solventului este :

$$N = 200 : 46 = 4.35 \text{ mol.}$$

Înlocuind aceste valori în ecuaţia $\Delta p = p \frac{n}{N}$, se găseşte numărul de moli (n) ai substanţei dizolvate :

$$12,6 = \frac{219,8 \cdot n}{4,35},$$

$$n = \frac{12,6 \cdot 4,35}{219,8} = 0,25 \text{ mol.}$$

Conform datelor problemei, 0,25 mol substanţă dizolvată cîntăresc 23 g. Prin urmare, greutatea moleculară a substanţei dizolvate, $M = 23 : 0,25 = 92$.

PROBLEME

378. Să se determine presiunea de vapori la 65° a unei soluţii care conţine 13,68 g zahăr $C_{12}H_{22}O_{11}$ în 90 g apă, dacă presiunea de vapori a apei la aceeaşi temperatură este 187,5 mm.

379. Să se determine presiunea de vapori a unei soluţii 10% de uree $CO(NH_2)_2$ la 100°.

380. La 42°, presiunea de vapori a apei este 61,5 mm. Cu cît va scade presiunea de vapori la temperatura arătată, dacă în 540 g se dizolvă 36 g glucoză $C_6H_{12}O_6$?

381. La 20° presiunea de vapori a apei este 17,5 mm. Cîte grame de glicerină $C_3H_5(OH)_3$ trebuie dizolvate în 180 g apă, pentru ca presiunea vaporilor să scadă cu 1 mm ?

382. Presiunea de vapori a apei la 70° este 233,8 mm ; la aceeaşi temperatură presiunea de vapori a unei soluţii care conţine 12 g substanţă dizolvată în 270 g apă este 230,68 mm. Să se determine greutatea moleculară a substanţei dizolvate.

383. Să se calculeze greutatea moleculară a anilinei, ştiind că la 30° presiunea de vapori a unei soluţii care conţine 3,09 g anilină în 370 g eter $(C_2H_5)_2O$ este 643,6 mm, iar presiunea de vapori a eterului pur la aceeaşi temperatură este 647,9 mm.

Scanned with OKEN Scanner

6. Solidificarea și fierberea soluțiilor

Toate lichidele pure se caracterizează prin temperaturi sau puncte de solidificare și de fierbere riguros determinate. Prezența în lichid a unei substanțe dizolvate coboară punctul său de solidificare și ridică punctul său de fierbere. De aceea, soluțiile se solidifică la temperaturi mai joase și fierb la temperaturi mai înalte decît solvenții puri.

Referitor la punctele de solidificare și de fierbere ale soluțiilor *diluate* de neelectroliți, sînt valabile următoarele legi:

1. *Coborîrea punctului de solidificare și creșterea punctului de fierbere sînt direct proporționale cu cantitatea de substanță dizolvată într-o cantitate dată de solvent.*

2. *Cantități echimoleculare (care conțin același număr de moli) de substanțe dizolvate în aceeași cantitate dintr-un solvent dat, îi coboară în aceeași măsură punctul de solidificare și îi ridică în aceeași măsură punctul de fierbere (legile lui Raoult).*

Coborîrea punctului de solidificare, corespunzătoare dizolvării unui mol de substanță în 1 000 g *solvent*, este o mărime constantă pentru solventul dat. Ea se numește *constanta crioscopică* a solventului. Tot așa și creșterea punctului de fierbere, corespunzătoare dizolvării unui mol de substanță în 1 000 g solvent este o mărime constantă și se numește *constanta ebulioscopică* a solventului.

La solvenți diferiți, constantele crioscopice și ebulioscopice diferă.

Relația matematică dintre mărimea coborîrii punctului de congelare al solventului și cantitatea de substanță dizolvată, se exprimă prin formula:

$$\Delta t_s = E_s \cdot c,$$

unde Δt_s este coborîrea punctului de solidificare al solventului; E_s — constanta crioscopică a solventului; c — numărul de moli de substanță dizolvată în 1 000 g solvent. Deoarece numărul de moli este egal cu greutatea substanței în grame (m), împărțită la greutatea moleculară (M), înlocuind c prin m/M, se obține:

$$\Delta t_s = E_s \cdot \frac{m}{M}.$$

Scanned with OKEN Scanner

Printr-o formulă analogă, se exprimă și relația dintre creșterea punctului de fierbere și cantitatea de substanță dizolvată :

$$\Delta t_f = E_f \cdot \frac{m}{M},$$

unde E_f este constanta ebulioscopică a solventului.

Aceste formule nu sînt aplicabile la soluțiile de electroliți, fără introducerea corecțiilor corespunzătoare.

Relațiile arătate dau posibilitatea să se calculeze temperaturile de solidificare și de fierbere ale soluțiilor de neelectroliți în funcție de concentrațiile lor și, de asemenea, să se determine greutățile moleculare ale substanțelor dizolvate, dacă se cunosc temperaturile de solidificare sau de fierbere ale soluțiilor. Pentru soluțiile concentrate, ca și în cazul presiunii osmotice, calculele sînt aproximative.

Exemplul 1. Să se calculeze temperatura aproximativă la care trebuie să se solidifice o soluție care conține 54 g glucoză $C_6H_{12}O_6$ în 250 g apă, dacă constanta crioscopică a apei este 1,86°.

Rezolvare. Din datele problemei, rezultă că 1 000 g apă conțin 216 g glucoză. Se calculează cîți moli sînt în 216 g glucoză.

Deoarece greutatea moleculară a glucozei este 180, numărul de moli căutat este

$$c = 216 : 180 = 1.2 \text{ mol.}$$

Se determină apoi coborîrea punctului de solidificare :

$$\Delta t_s = E_s \cdot c = 1.86 \cdot 1.2 = 2.23°.$$

Prin urmare, soluția se va solidifica la — 2,23°.

Exemplul 2. Prin dizolvarea a 0,94 g fenol în 50 g alcool, punctul de fierbere al acestuia din urmă a crescut cu 0,232°. Să se determine greutatea moleculară a fenolului, știind că constanta ebulioscopică a alcoolului este 1,16°.

Rezolvare. Ca și în exemplul anterior, se calculează cîte grame de fenol ar exista în soluție la 1 000 g alcool :

$$0{,}94 : 50 = x : 1\,000,$$
$$x = 18.8 \text{ g.}$$

Dacă în 1 000 g alcool s-ar dizolva 1 mol de fenol, temperatura de fierbere a alcoolului ar crește cu 1,16°. Deoarece

creşterea punctului de fierbere (la aceeaşi cantitate de solvent) este proporţională cu cantitatea de substanţă dizolvată, notînd greutatea moleculară căutată a fenolului cu M, se poate scrie proporţia :

$$0{,}232 : 1{,}16 = 18{,}8 : M,$$

de unde

$$M = 94 \text{ g}.$$

Deci greutatea moleculară a fenolului este 94.

Exemplul 3. O soluţie, care conţine 8 g naftalină $C_{10}H_8$ în 100 g eter dietilic, fierbe la 36,33°, pe cînd eterul dietilic curat fierbe la 35°. Să se determine constanta ebulioscopică a eterului etilic.

Rezolvare. Din datele problemei rezultă :

$$\Delta t_f = 36{,}33° - 35° = 1{,}33°,$$

$$M = 128. \qquad c = 80 : 128 = 0{,}625 \text{ mol}.$$

Înlocuind mărimile cu valorile găsite în formula:

$$\Delta t_f = E_f \cdot c,$$

se obţine

$$1{,}33 = E_f \cdot 0{,}625,$$

de unde

$$E_f = \frac{1{,}33}{0{,}625} = 2{,}12°.$$

Constantele crioscopice şi ebulioscopice ale cîtorva solvenţi

Solventul	E_s	E_f
Apă	1,86°	0,52°
Benzen	5,2°	2,57°
Alcool etilic	—	1,16°
Eter etilic	—	2,12°

PROBLEME

384. Cînd se solidifică la aceeaşi temperatură soluţiile diferiţilor neelectroliţi, care conţin în cantităţi egale în greutate, acelaşi număr de grame de substanţă dizolvată ?

385. Se dă o soluție 10% de alcool metilic CH_3OH și o soluție 10% de alcool etilic C_2H_5OH. Care dintre aceste soluții se solidifică la temperatura cea mai joasă ?

386. Cu cîte grade va crește temperatura de fierbere, dacă în 100 g apă se dizolvă 9 g glucoză $C_6H_{12}O_6$?

387. Să se determine temperatura aproximativă la care va fierbe o soluție 50% de zahăr $C_{12}H_{22}O_{11}$.

388. Să se determine temperatura aproximativă la care se solidifică o soluție 40% de alcool etilic C_2H_5OH.

389. Cu cîte grade coboară temperatura de solidificare a benzenului, dacă în 100 g se dizolvă 4 g naftalină $C_{10}H_8$?

390. Cîte grame de zahăr $C_{12}H_{22}O_{11}$ trebuie să se dizolve în 100 g apă : a) pentru a-i coborî punctul de solidificare cu 1° ; b) pentru a-i ridica punctul de fierbere cu 1° ?

391. În ce raport, în greutate, trebuie să se amestece apă și alcool etilic C_2H_5OH, pentru a obține un amestec care să se solidifice la —20° ?

392. Într-un radiator de automobil s-au turnat 9 l apă și s-au adăugat 2 l alcool metilic CH_3OH (gr. sp. 0,8). Care este temperatura cea mai joasă la care se poate lăsa acum automobilul în aer liber, fără teamă că apa din el va îngheța ?

393. Prin dizolvarea a 5 g substanță în 200 g apă se obține o soluție de neelectrolit, care se solidifică la —1,55°. Să se calculeze greutatea moleculară a substanței dizolvate.

394. O soluție care conține 6 g uree în 50 g apă se solidifică la —3,72°. Să se calculeze greutatea moleculară a ureei.

395. Prin dizolvarea a 15 g cloroform în 400 g eter dietilic, temperatura de fierbere se ridică cu 0,665°. Să se calculeze greutatea moleculară a cloroformului.

396. Prin dizolvarea a 13 g camfor în 400 g eter dietilic, temperatura de fierbere s-a ridicat cu 0,453°. Să se calculeze greutatea moleculară a camforului.

397. Prin dizolvarea a 8,9 g antracen $C_{14}H_{10}$ în 200 g alcool etilic, temperatura de fierbere s-a ridicat cu 0,29°. Să se calculeze constanta ebulioscopică a alcoolului.

398. O soluție care conține 2,7 g fenol C_6H_5OH în 75 g benzen se solidifică la 3,5°, pe cînd benzenul pur se solidifică la 5,5°. Să se calculeze constanta crioscopică a benzenului.

399. Prin dizolvarea a 6,18 g naftalină în 150 g benzen, temperatura de solidificare a acestuia din urmă s-a micșorat cu 1,67°. Să se calculeze greutatea moleculară a naftalinei.

400. Prin dizolvarea a 3,24 g sulf în 40 g benzen, temperatura de fierbere a acestuia din urmă a crescut cu 0,81°. Din cîți atomi este alcătuită molecula de sulf din soluție ?

401. Să se stabilească formula substanței care conține 50,69% C, 4,23% H și 45,08% O, știind că soluția care conține 2,13 g din această substanță în 60 g benzen, se solidifică la 4,25°. Temperatura de solidificare a benzenului pur este 5,5°.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL XII

TEORIA DISOCIAȚIEI ELECTROLITICE

1. Gradul de disociere electrolitică

Electroliții — acizii, bazele și sărurile, prin dizolvare în apă, se descompun într-o măsură mai mică sau mai mare în particule încărcate pozitiv și negativ, care se numesc ioni. Acest proces se numește disociație electrolitică și este reversibil. De aceea, în soluție, se stabilește un echilibru între ioni și moleculele nedisociate.

Moleculele acizilor se descompun în ioni de hidrogen încărcați pozitiv și ioni de resturi acide încărcați negativ; moleculele bazelor se descompun în ioni ai metalelor încărcați pozitiv și ioni de hidroxil încărcați negativ și, în sfîrșit, moleculele sărurilor — în ioni ai metalelor și resturi acide.

Raportul dintre numărul de molecule disociate în ioni și numărul total de molecule dizolvate se numește gradul de disociere al electrolitului și se notează cu litera grecească α.

De exemplu, dacă din fiecare 200 molecule substanță dizolvată, 80 s-au descompus în ioni, gradul de disociere va fi $80 : 200 = 0{,}4 = 40\%$.

La diluarea unei soluții cu apă, gradul de disociere crește.

În funcție de gradul de disociere, electroliții se împart în *tari* și *slabi*. De obicei, se consideră tari acei electroliți, la care gradul de disociere în soluții 0,1 n este minimum 30% și se schimbă relativ puțin cu creșterea concentrației soluțiilor. Dintre aceștia fac parte majoritatea sărurilor, bazelor (în afară de NH_4OH) și unii acizi (HCl, HNO_3, H_2SO_4 etc.). La electroliții slabi, dimpotrivă, gradul de disociere este foarte mic chiar la soluțiile puternic diluate, și scade repede cu creșterea concentrației soluției.

Disociaţia acizilor polibazici prezintă cîteva particularităţi : moleculele lor se disociază *în trepte*, desprinzîndu-se la început un ion de hidrogen, apoi al doilea etc. De exemplu, disociaţia acidului fosforic H_3PO_4 decurge după următoarele ecuaţii :

$$H_3PO_4 \rightleftarrows H^{\cdot} + H_2PO_4' \quad (\alpha = 27\%)$$

$$H_2PO_4' \rightleftarrows H^{\cdot} + HPO_4'' \quad (\alpha = 0{,}11\%)$$

$$HPO_4'' \rightleftarrows H^{\cdot} + PO_4''' \quad (\alpha = 0{,}001\%).$$

După cum se vede din cifrele arătate, care se raportează la soluţia 0,1 n H_3PO_4, cel mai puternic decurge disocierea după prima ecuaţie (prima treaptă de disociere), mult mai slab după a doua şi numai într-un grad neînsemnat după a treia.

Sărurile acide se disociază, de asemenea, în trepte. De exemplu :

$$NaHCO_3 \rightleftarrows Na^{\cdot} + HCO_3'$$

$$HCO_3' \rightleftarrows H^{\cdot} + CO_3''$$

Gradul de disociere al treptei a doua este însă foarte mic şi, de aceea, soluţia sării acide conţine o cantitate neînsemnată de ioni de hidrogen.

Sărurile bazice se disociază în ionii resturilor bazice şi acide. De exemplu :

$$Fe(OH)_2Cl \rightleftarrows Fe(OH)_2^{\cdot} + Cl'.$$

Disocierea secundară, adică disocierea resturilor bazice în ioni de metal şi hidroxil, nu se produce aproape de loc.

Gradul de disociere al electrolitului, în soluţia dată, se poate determina prin diferite metode, mai ales dacă se cunoaşte presiunea osmotică a soluţiei, scăderea presiunii de vapori, coborîrea punctului de solidificare sau ridicarea punctului de fierbere. După cum se ştie, toate aceste valori depind de numărul particulelor de substanţă dizolvată, conţinut în cantitatea dată de solvent. Deoarece în soluţia electrolitului, ca urmare a disocierii, numărul total al diferitelor particule independente ale substanţei dizolvate (molecule şi ioni) este mai mare decît soluţia echimoleculară a neelectrolitului, este natural ca şi presiunea osmotică a soluţiei, cum şi toate celelalte mărimi legate de ea să fie de asemenea mai mari decît la soluţia echimoleculară a neelectrolitului.

Scanned with OKEN Scanner

Numărul care arată de cîte ori mărimile găsite experimental (presiunea osmotică sau scăderea presiunii de vapori etc.) sînt pentru aceeași soluție mai mari decît cele calculate teoretic, folosind concentrația molară, poartă numele de coeficient izotonic. Notînd acest coeficient cu i, se poate scrie:

$$i = \frac{\pi'}{\pi} = \frac{\Delta p'}{\Delta p} = \frac{\Delta t'_s}{\Delta t_s} = \frac{\Delta t'_f}{\Delta t_f},$$

unde π' este presiunea osmotică; $\Delta p'$ — scăderea presiunii de vapori; $\Delta t'_s$ — coborîrea punctului de solidificare și $\Delta t'_f$ — creșterea punctului de fierbere care se observă de fapt în soluția de electrolit; π, Δp, Δt_s și Δt_f — valoarea aceloraşi mărimi calculate teoretic.

Între coeficientul i, gradul de disociere α, și numărul de ioni n, în care se descompune molecula electrolitului, există un raport care se exprimă prin formula:

$$\alpha = \frac{i-1}{n-1}.$$

Din formulă se vede că, pentru determinarea lui α, trebuie să se cunoască valoarea coeficientului i pentru soluția dată.

Folosind formula arătată, se poate calcula gradul de disociere al diferiților electroliți din presiunea osmotică, din scăderea presiunii de vapori sau din creșterea punctelor de fierbere și coborîrea punctelor de solidificare ale soluțiilor lor. Invers, cunoscînd gradul de disociere al electrolitului dizolvat și concentrația soluției, nu este greu să se calculeze oricare dintre mărimile arătate.

După concepțiile moderne, electroliții tari în soluții apoase sînt complet disociați în ioni. Totuși, la determinarea experimentală a gradului de disociere (din conductivitatea soluției sau cu alte metode), se obține întodeauna o valoare sub 100%. Acest fapt se explică prin interacțiunea electrostatică dintre ioni, datorită căreia, activitatea ionilor se micșorează și toate proprietățile soluțiilor, care depind de concentrația ionilor, se manifestă ca și cum numărul ionilor din soluție ar fi mai mic decît numărul ionilor care se formează în realitate la disocierea completă a electrolitului.

Prin diluarea cu apă a soluției electrolitului tare, nu se mărește gradul de disociere, ci activitatea ionilor, ca urmare a creșterii distanței medii dintre ei. De aceea, gradul de disociere al electroliților tari, determinat prin metode obișnuite, este numai „aparent" și nu real. Totuși, el are o mare im-

Scanned with OKEN Scanner

portanță pentru caracterizarea electroliților, condiționînd multe dintre proprietățile lor.

Exemplul 1. O soluție care conține 0,85 g clorură de zinc $ZnCl_2$ în 125 g apă se solidifică la — 0,23°. Să se calculeze gradul de disociere aparent al $ZnCl_2$ din această soluție.

Rezolvare. Se exprimă mai întîi concentrația soluției în moli la 1 000 g apă. Deoarece greutatea moleculară a $ZnCl_2$ este 136, atunci

$$c = \frac{0{,}85 \cdot 1\,000}{125 \cdot 136} = 0{,}05 \text{ mol.}$$

Se determină apoi valoarea teoretică a coborîrii punctului de solidificare Δt_s pentru soluția dată, după formula:

$$\Delta t_s = E_s \cdot c$$

Deoarece pentru apă $E_s = 1{,}86$, atunci:

$$\Delta t_s = 1.86 \cdot 0{,}05 = 0{,}093°.$$

Se calculează coeficientul izotonic i, avînd în vedere că din datele problemei $\Delta t'_s = 0{,}23°$:

$$i = \frac{\Delta t'_s}{\Delta t_s} = \frac{0{,}23}{0{,}093} = 2{,}47.$$

Se află gradul de disociere aparent:

$$\alpha = \frac{i - 1}{n - 1} = \frac{2{,}47 - 1}{2} = 0{,}735 = 73{,}5\%.$$

Exemplul 2. Gradul de disociere aparent al sulfatului de zinc într-o soluție 0,1 n este 40%. Cît de mare este presiunea osmotică a soluției la 0°?

Rezolvare. Se calculează valoarea teoretică a presiunii osmotice cu ecuația:

$$\pi = cRT.$$

Deoarece echivalentul $ZnSO_4$ este egal cu jumătatea greutății moleculare, soluția 0,1 n conține 0,05 mol $ZnSO_4$ la litru. Prin urmare $c = 0{,}05$. Înlocuind în ecuație c, R și T, cu valorile lor, se obține:

$$\pi = 0{,}05 \cdot 0{,}082 \cdot 273 = 1{,}12 \text{ at.}$$

Pentru a calcula mărimea reală a presiunii osmotice π', se determină mai întîi coeficientul i pentru soluția dată, fo-

Scanned with OKEN Scanner

losind formula pentru calcularea gradului de disociere. Din datele problemei $\alpha = 0{,}4$. Molecula de $ZnSO_4$ se disociază în doi ioni, prin urmare $n = 2$. De aici :

$$0{,}4 = \frac{i-1}{2-1}; \quad i = 1{,}4.$$

Se calculează apoi π'. Deoarece $i = \frac{\pi'}{\pi}$, atunci :

$$\pi' = \pi \cdot i = 1{,}12 \cdot 1{,}4 = 1{,}57 \text{ at.}$$

Exemplul 3. Care va fi presiunea de vapori la 100° a unei soluții care conține 5 g NaOH în 180 g apă, dacă gradul de disociere aparent al hidroxidului de sodiu în această soluție este 80% ?

Rezolvare. Se determină coeficientul i pentru soluția dată. Din datele problemei, $\alpha = 0{,}8$; $n = 2$. Prin urmare :

$$0{,}8 = \frac{i-1}{2-1}; \quad i = 1{,}8.$$

Se calculează scăderea teoretică a presiunii vaporilor soluției Δp după ecuația :

$$\Delta p = p \frac{n}{N}.$$

La 100°, presiunea de vapori a apei este $p = 760$ mm. Greutatea moleculară a NaOH este 40, greutatea moleculară a apei 18 : prin urmare, $n = 5 : 40 = 0{,}125$; $N = 180 : 18 = 10$. Înlocuind aceste valori în ecuație, se obține :

$$\Delta p = \frac{760 \cdot 0{,}125}{10} = 9{,}5 \text{ mm.}$$

Se află micșorarea reală a presiunii vaporilor soluției $\Delta p'$:

$$1{,}8 = \frac{\Delta p'}{9{,}5} \qquad \Delta p' = 17{,}1 \text{ mm.}$$

Presiunea căutată a vaporilor soluției va fi :

$$p' = p - 17{,}1 = 760 - 17{,}1 = 742{,}9 \text{ mm.}$$

PROBLEME

402. Să se scrie ecuațiile disocierii în ioni a următoarelor substanțe: H_2SO_3, $HClO_4$, $Ca(OH)_2$, $Fe_2(SO_4)_3$, Na_2HPO_4, $AlCl_3$.

Scanned with OKEN Scanner

403. În ce ioni se descompune la disociere fiecare dintre substanțele următoare :

K_2CO_3, $NaHSO_4$, $CuBr_2$, $Fe(NO_3)_3$, $Ba(OH)_2$, H_3PO_4.

404. Să se exprime, prin ecuații, disocierea în ioni a următoarelor substanțe :

K_2SO_4, $Bi(NO_3)_3$, HPO_3, $MgBr_2$, $NaHSO_4$, K_3AsO_3.

405. La dizolvarea a 0,01 mol acid acetic CH_3COOH în apă, 20% din toate moleculele dizolvate s-au descompus în ioni. Cîte particule separate de substanță dizolvată conține soluția ?

406. Să se arate dacă presiunea osmotică a soluțiilor molare ale următoarelor substanțe este aceeași : glucoză $C_6H_{12}O_6$, azotat de potasiu KNO_3, alcool etilic C_2H_5OH și acid acetic CH_3COOH. Să se dea un răspuns motivat.

407. Soluția molară a acidului cianhidric HCN se solidifică aproape la aceeași temperatură ca și soluția molară a zahărului. Ce concluzie se poate trage de aici în legătură cu gradul de disociere al acidului cianhidric ?

408. Se dau două soluții 0,1 m de $AlCl_3$ și $CaCl_2$. Gradul aparent de disociere al ambelor săruri din aceste soluții este aproximativ același. Care soluție se solidifică la temperatură mai joasă ? De ce ?

409. Se dau soluții decimolare ale următoarelor substanțe : acid acetic CH_3COOH, clorură de sodiu NaCl ; glucoză $C_6H_{12}O_6$, clorură de calciu $CaCl_2$. Să se așeze aceste substanțe în ordinea valorii descrescînde a presiunii osmotice

410. Se dau două soluții de $Ca(NO_3)_2$ și $Fe_2(SO_4)_3$, care conțin același număr de moli într-un litru de apă. Care dintre ele are presiunea osmotică mai mare, dacă gradul de disociere aparent al ambelor săruri este același ?

411. O soluție care conține 2,1 g KOH în 250 g apă se solidifică la —0,519°. Să se calculeze coeficientul izotonic al acestei soluții.

412. Să se afle coeficientul izotonic al soluției de clorură de magneziu $MgCl_2$, care conține 0,1 mol $MgCl_2$ în 1 000 g apă, știind că această soluție se solidifică la —0,461°.

413. Prin dizolvarea unei molecule-gram de azotat de potasiu KNO_3 în 1 l apă, temperatura de solidificare a scăzut cu 3,01°. Să se determine gradul aparent de disociere al KNO_3 în soluția obținută.

414. Presiunea osmotică a soluției 0,1 n de carbonat de potasiu K_2CO_3 este 2,69 at la 0°. Să se afle gradul de disociere aparent al K_2CO_3 din soluție.

415. O soluție care conține 8 g sulfat de aluminiu $Al_2(SO_4)_3$ în 25 g apă se solidifică la —4,46°. Să se afle gradul de disociere al sării din această soluție.

416. O soluție care conține 0,53 g carbonat de sodiu Na_2CO_3 în 200 g apă se solidifică la —0,13°. Să se afle gradul aparent de disociere al Na_2CO_3 din soluția dată.

417. Să se determine gradul de disociere aparent al sulfatului de potasiu în soluția care conține 8,7 g K_2SO_4 la 100 g apă, dacă temperatura de solidificare a soluției este —1,83°.

418. Prin dizolvarea a 12 g hidroxid de sodiu în 100 g apă, temperatura de fierbere crește cu 2,65°. Să se afle gradul de disociere aparent al NaOH din soluție.

Scanned with OKEN Scanner

419. Se dau două soluții, care conțin în aceleași cantități în greutate de apă: prima —0,5 mol zahăr, a doua —0,2 mol clorură de calciu $CaCl_2$. Ambele soluții se solidifică la aceeași temperatură. Să se afle gradul de disociere aparent al $CaCl_2$ din soluția dată.

420. Presiunea de vapori a unei soluții, care conține 0,05 mol sulfat de sodiu Na_2SO_4 în 450 g apă, este 756,2 mm la 100°. Să se afle gradul aparent de disociere al Na_2SO_4 din această soluție.

421. Să se calculeze coeficientul izotonic al soluției molare de electrolit ale cărui molecule se disociază în trei ioni, știind că 1 l din această soluție conține $6{,}38 \cdot 10^{23}$ particule (molecule și ioni) de substanță dizolvată.

422. Acidul acetic CH_3COOH se disociază în ioni H^+ și CH_3COO^-; 1 l soluție 0,01 m acid acetic conține $6{,}26 \cdot 10^{21}$ molecule și ioni. Să se calculeze gradul de disociere al acidului acetic din soluția indicată.

423. Să se afle gradul de disociere al acidului azotos HNO_2 în soluție normală, știind că 1 ml din această soluție conține $6{,}15 \cdot 10^{20}$ particule de substanță dizolvată.

424. Care este presiunea osmotică a unei soluții 0,1 n de clorură de potasiu, dacă gradul de disociere aparent al KCl în această soluție este 80% ?

425. Să se determine temperatura aproximativă la care trebuie să se solidifice o soluție care conține 2 mol clorură de sodiu în 1 000 g apă, dacă gradul de disociere aparent al NaCl din această soluție este 70%.

426. La 50°, presiunea vaporilor de apă este 92,51 mm. Să se calculeze care trebuie să fie presiunea de vapori a soluției care conține 1 mol clorură de sodiu în 1 000 g apă, dacă gradul de disociere aparent al NaCl din această soluție este 70%.

427. La ce temperatură începe să se solidifice o soluție care conține 100 g hidroxid de sodiu în 1 000 g apă, dacă se admite că gradul de disociere aparent al NaOH din această soluție este 60% ?

428. Presiunea osmotică a unei soluții 0,04 m de electrolit este egală cu 2,15 at la 0°. Gradul de disociere aparent al electrolitului din această soluție este 70%. În cîți ioni se disociază moleculele electrolitului ?

429. Cîți moli de neelectrolit trebuie să conțină 1 l de soluție, pentru ca presiunea sa osmotică să fie aceeași ca și a soluției molare de HNO_3, al cărei grad de disociere aparent în această soluție este 80% ?

430. Cîte particule (molecule și ioni) de substanță dizolvată conține 1 ml soluție 0,1 m de acid fluorhidric HF, dacă gradul lui de disociere în această soluție este 15% ?

2. Concentrația ionilor și echilibrul ionic

Concentrația ionilor dintr-o soluție se exprimă, de obicei, prin numărul de ioni-gram, conținuți într-un litru de soluție.

Un ion-gram cîntărește atîtea grame, cîte unități de oxigen cîntărește ionul dat. De exemplu, un ion-gram de hidro-

gen cîntăreşte 1 g (mai precis, 1,008 g), un ion-gram de sodiu — 23 g, un ion-gram de OH' — 17 g, un ion-gram de NO'_3 — 62 g etc.

Concentraţia ionilor depinde atît de concentraţia totală a electrolitului dizolvat, cît şi de gradul lui de disociere în soluţia dată.

Exemplul 1. Să se calculeze concentraţia ionilor $H^{\cdot}$ şi a ionilor CH_3COO' într-o soluţie de acid acetic 0,1 m, ştiind că gradul său de disociere într-o astfel de soluţie este 1,3%.

Rezolvare. Din datele problemei, concentraţia totală a soluţiei de acid acetic este 0,1 mol/l ; din acest număr, 0,013 mol sînt disociaţi în ioni. Deoarece fiecare moleculă CH_3COOH dă un ion $H^{\cdot}$ şi un ion CH_3COO', este clar că, concentraţiile ambilor ioni vor fi aceleaşi :

$$[H^{\cdot}] = [CH_3COO'] = 0{,}1 \cdot 0{,}013 = 1{,}3 \cdot 10^{-3} \text{ ioni-g/l.}$$

Exemplul 2. Să se determine concentraţia molară a soluţiei de $FeCl_3$, care are concentraţia ionilor de clor egală cu 0,6 ioni-g/l.

Rezolvare. La disocierea clorurii ferice fiecare moleculă de $FeCl_3$, dă 3 ioni de clor. Prin urmare, la disocierea totală a sării dizolvate, numărul de ioni-gram de clor din soluţie va fi de trei ori mai mare decît numărul de molecule-gram de $FeCl_3$ dizolvate, adică concentraţia ionilor de clor, exprimată în ioni-gram, va fi de trei ori mai mare decît concentraţia $FeCl_3$, exprimată în moli.

Exemplul 3. Care sînt concentraţiile ionilor $Ba^{\cdot\cdot}$ şi Cl' într-o soluţie 0,1 n de clorură de bariu $BaCl_2$, dacă gradul său de disociere în soluţia dată este 72%.

Rezolvare. Din datele problemei, soluţia conţine 0,1 val $BaCl_2$ la litru, ceea ce reprezintă 0,05 mol $BaCl_2$. Din această cantitate de clorură de bariu, o parte egală cu 0,72, adică $0{,}05 \cdot 0{,}72$, sau 0,036 mol se descompune în ioni. Deoarece fiecare moleculă descompusă de clorură de bariu $BaCl_2$ dă 1 ion $Ba^{\cdot\cdot}$ şi 2 ioni Cl', este clar că concentraţiile căutate ale ionilor sînt :

$$[Ba^{\cdot\cdot}] = 0{,}036 \text{ ioni-g/l}$$

$$[Cl'] = 0{,}036 \cdot 2 = 0{,}072 \text{ ioni-g/l.}$$

Din exemplul arătat se vede că, pentru determinarea concentraţiei oricărui dintre ionii electrolitului c', trebuie înmulţită concentraţia totală a electrolitului c cu gradul său

Scanned with OKEN Scanner

de disociere α și cu numărul n care arată cîți dintre acești ioni se formează dintr-o moleculă de electrolit:

$$c' = c\,\alpha\,n.$$

Trebuie remarcat că valorile calculate astfel exprimă concentrațiile reale ale ionilor numai în cazul electroliților slabi. Electroliții tari, după cum s-a arătat, sînt complet disociați în soluții, iar gradul lor de disociere, determinat experimental, este numai aparent. De aceea, și concentrațiile ionilor calculate în acest fel nu exprimă valorile adevărate ale concentrațiilor. Ele se numesc concentrații „efective".

Pentru electroliții slabi, disocierea moleculelor lor în ioni este un proces reversibil. De aceea, în soluția unui electrolit slab există un echilibru între ioni și moleculele nedisociate, care se supune legii acțiunii maselor. Exprimînd disocierea electrolitului slab, care se descompune în doi ioni, prin ecuația:

$$XY \rightleftarrows X^{\cdot} + Y',$$

se poate scrie:

$$\frac{[X^{\cdot}]\cdot[Y']}{[XY]} = K.$$

Constanta de echilibru K se numește în cazul dat *constanta de disociere* a electrolitului.

În cazul acizilor polibazici slabi, care se disociază în trepte, fiecare grad de disociere este caracterizat prin constanta sa. Astfel, de exemplu, pentru acidul sulfuros care se disociază după ecuațiile:

$$H_2SO_3 \rightleftarrows H^{\cdot} + HSO_3',$$

$$HSO_3' \rightleftarrows H^{\cdot} + SO_3'',$$

constantele de disociere pentru fiecare treaptă sînt:

$$K_1 = \frac{[H^{\cdot}]\cdot[HSO_3']}{[H_2SO_3]} = 1{,}7\cdot10^{-2};$$

$$K_2 = \frac{[H^{\cdot}]\cdot[SO_3'']}{[HSO_3']} = 1{,}0\cdot10^{-7}.$$

Notînd concentrația totală a electrolitului dizolvat cu litera c, gradul lui de disociere cu litera α și exprimînd cu

Scanned with OKEN Scanner

ajutorul lor concentrația moleculelor nedisociate și concentrațiile ionilor, se obține :

$$[X^{\cdot}]=[Y']=c\alpha, \qquad [XY]=c(1-\alpha),$$

$$K=\frac{c\alpha\cdot c\alpha}{c(1-\alpha)}=\frac{\alpha^2}{1-\alpha}\cdot c.$$

Cu această formulă se pot calcula constantele de disociere ale electroliților slabi, dacă se cunoaște gradul lor de disociere la oricare concentrație a soluției. Invers, cunoscînd constanta de disociere a electrolitului, nu este greu să se calculeze gradul de disociere la orice diluție a soluției.

Dacă gradul de disociere al electrolitului este foarte mic, la calcul, valoarea $1-\alpha$ se poate considera egală cu unitatea, fără a greși prea mult. În acest caz, formula precedentă se înlocuiește prin una mai simplă :

$$K=\alpha^2c,$$

de unde

$$\alpha=\sqrt{\frac{K}{c}}.$$

Exemplul 4. Să se calculeze constanta de disociere a acidului acetic, știind că într-o soluție 0,1 m acesta se disociază 1,32%.

Rezolvare. Deoarece gradul de disociere al acidului acetic este mic, folosind formula mai simplă, se obține :

$$K=\alpha^2c=(0{,}0132)^2\cdot 0{,}1=0{,}000\,017\,4, \text{ sau } 1{,}74\cdot 10^{-5}.$$

Printr-un calcul mai exact, se obține :

$$K=\frac{\alpha^2c}{1-\alpha}\frac{(0{,}013\,2)^2\cdot 0{,}1}{1-0{,}013\,2}=1{,}76\cdot 10^{-5}.$$

Exemplul 5. Să se determine gradul de disociere al acidului cianhidric HCN într-o soluție 0,05 m, dacă constanta de disociere este $K=7\cdot 10^{-10}$.

Rezolvare. Deoarece acidul cianhidric este un electrolit foarte slab, folosind formula $K=\alpha^2c$, se obține :

$$7\cdot 10^{-10}=\alpha^2\cdot 0{,}05,$$

$$\alpha=\sqrt{\frac{7\cdot 10^{-10}}{0{,}05}}=\sqrt{1{,}4\cdot 10^{-8}}=1{,}18\cdot 10^{-4} \text{ sau } 0{,}018\%.$$

Scanned with OKEN Scanner

Exemplul 6. Care va fi concentrația ionilor de hidrogen într-o soluție 0,1 m de acid azotos HNO_2, a cărui constantă de disociere este $5 \cdot 10^{-4}$?

Rezolvare. Constanta de disociere a acidului azotos se exprimă prin formula :

$$K = \frac{[H^{\cdot}] \cdot [NO_2']}{[HNO_2]}.$$

Notînd concentrația căutată a ionilor de hidrogen cu x, se obține :

$$[H^{\cdot}] = [NO_2'] = x, \qquad [HNO_2] = 0{,}1 - x,$$

$$5 \cdot 10^{-4} = \frac{x^2}{0{,}1 - x}.$$

Deoarece valoarea lui x este foarte mică, poate fi neglijată la numitor :

$$5 \cdot 10^{-4} = \frac{x^2}{0{,}1}.$$

$$x = \sqrt{0{,}5 \cdot 10^{-4}} = \sqrt{50 \cdot 10^{-6}} \approx 7 \cdot 10^{-3} = 0{,}007 \text{ ioni-g/l}.$$

Problema poate fi rezolvată și prin altă metodă: la început se determină gradul de disociere al HNO_2 în soluția 0,1 m, apoi se calculează concentrația ionilor de hidrogen :

$$K = \alpha^2 \, c = 5 \cdot 10^{-4};$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{5 \cdot 10^{-4}}{0{,}1}} = 0{,}07$$

$$[H^{\cdot}] = 0{,}1 \cdot 0{,}07 = 0{,}007 \text{ ioni-g/l}$$

Prin introducerea în soluție a unui electrolit slab, cu ioni identici (adică ioni identici cu unul dintre ionii electrolitului), echilibrul care există în soluție între ionii și moleculele nedisociate se distruge și, conform legii acțiunii maselor, se deplasează în sensul formării de molecule nedisociate. Astfel, de exemplu, dacă într-o soluție de acid acetic se adaugă sărurile acestui acid și deci se mărește concentrația ionilor CH_3COO', echilibrul :

$$CH_3COOH \rightleftarrows H^{\cdot} + CH_3COO'$$

Scanned with OKEN Scanner

se deplasează spre stînga, adică concentrația moleculelor nedisociate CH_3COOH crește, iar concentrația ionilor H^+ se micșorează. În acest mod, prin introducerea în soluție a unui electrolit cu ioni de același fel, se micșorează gradul de disociere și concentrația ionilor necomuni.

Exemplul 7. Concentrația ionilor de hidrogen într-o soluție 0,2 m de acid formic monobazic HCOOH este $6,4 \cdot 10^{-3}$. Constanta de disociere a acidului formic este $K = 2 \cdot 10^{-4}$. De cîte ori se va micșora concentrația ionilor de hidrogen, dacă se adaugă la soluție atîta formiat de sodiu HCOONa, încît concentrația sării să devină egală cu 1 mol/l? Gradul de disociere aparent al HCOONa în această soluție este 0,75.

Rezolvare. Se notează concentrația căutată a ionilor H^+ cu x. În acest caz, concentrația moleculelor nedisociate este $0,2-x$. Concentrația ionilor $HCOO^-$ va fi formată din două mărimi: din concentrația creată prin disocierea moleculelor de acid formic și din concentrația condiționată de disocierea sării adăugate. Este clar că prima dintre aceste valori va fi egală cu x, iar a doua cu 0,75. Astfel, concentrația ionilor $HCOO^-$ va fi $0,75+x$. Înlocuind valorile concentrațiilor în formula constantei de echilibru, se obține:

$$\frac{x\,(0,75+x)}{0,2-x} = 2 \cdot 10^{-4}.$$

Gradul de disociere al acidului formic nu este în general prea mare, iar în prezența sării lui va fi puternic micșorat. Deoarece valoarea lui x în comparație cu 0,75 și 0,2 este foarte mică, în expresia concentrației ionilor $HCOO^-$ și a moleculelor HCOOH, se poate neglija fără a da diferențe importante. Făcînd aceasta, se obține:

$$\frac{0,75\,x}{0,2} = 2 \cdot 10^{-4},$$

de unde

$$x = \frac{0,4 \cdot 10^{-4}}{0,75} = 5,3 \cdot 10^{-5} \text{ ioni-g/l.}$$

Comparînd concentrațiile ionilor de hidrogen, înainte și după adăugarea formiatului de sodiu la soluție, se constată că adăugarea HCOONa a provocat micșorarea concentrației ionilor H^+ în raportul $6,4 \cdot 10^{-3} : 5,3 \cdot 10^{-5}$, adică de 121 ori.

Scanned with OKEN Scanner

431. Să se determine concentrația ionilor $K^{\cdot}$ și a ionilor SO_4'' într-o soluție 0,1 n de K_2SO_4 considerînd disocierea acestei sări completă.

432. Să se afle concentrația efectivă a ionilor hidroxil într-o soluție 0,2 n de hidroxid de sodiu, dacă gradul de disociere aparent al NaOH este 90%.

433. Să se afle concentrațiile efective ale ionilor Cl' și $Fe^{\cdot\cdot\cdot}$ într-o soluție 0,1 m de $FeCl_3$, știind că gradul de disociere aparent al acestei sări în soluție este 65%.

434. Să se exprime în ioni-gram pe litru și în grame pe litru concentrația ionilor $Ca^{\cdot\cdot}$ și Cl' într-o soluție 0,25 n de $CaCl_2$, dacă gradul de disociere aparent al $CaCl_2$ este 72%.

435. Să se determine concentrația molară a unei soluții de HNO_3, în care concentrația efectivă a ionilor $H^{\cdot}$ este 0,294 ioni-g/l, iar gradul de disociere aparent este 84%.

436. Să se calculeze concentrația de azotat de cupru $Cu(NO_3)_2$, știind că gradul de disociere aparent al sării din această soluție este 64%, iar concentrația efectivă a ionului NO_3' este 0,16 ioni-g/l.

437. Solubilitatea cloratului de potasiu $KClO_3$ la 18° este 0,52 mol/l. Care este concentrația efectivă a ionilor $K^{\cdot}$ și ClO_3' dintr-o soluție saturată, dacă această sare este disociată 75% ?

438. Să se determine normalitatea soluției de sulfat de cupru $CuSO_4$, în care concentrația efectivă a ionilor de cupru este 0,02 ioni-g/l, iar gradul de disociere aparent al sării este 40%.

439. Să se determine concentrația efectivă a ionilor $Mg^{\cdot\cdot}$ și Cl' într-o soluție 20% de clorură de magneziu $MgCl_2$ (gr. sp. 1,16), știind că sarea din această soluție este disociată 54%.

440. Pentru o experiență a fost necesară o soluție care conținea într-un litru 0,5 mol NaCl, 0,16 mol KCl și 0,24 mol K_2SO_4. La dispoziția laborantului erau numai NaCl, KCl și Na_2SO_4, din care el a preparat soluția cu compoziția arătată mai sus. Cum a procedat ?

441. Să se demonstreze că soluția care conține într-un litru 0,6 mol $CuSO_4$, 0,25 mol $Cu(NO_3)_2$ și 0,35 mol K_2SO_4 este identică cu soluția care conține într-un litru 0,85 mol $CuSO_4$, 0,5 mol KNO_3 și 0,1 mol K_2SO_4.

442. Constanta de disociere a acidului butiric monobazic C_3H_7COOH este $1{,}5 \cdot 10^{-5}$. Care este gradul lui de disociere într-o soluție 0,005 m?

443. Să se determine gradul de disociere al acidului hipocloros HClO într-o soluție 0,2 n, dacă constanta lui de disociere este $4 \cdot 10^{-8}$.

444. Gradul de disociere al acidului formic într-o soluție 0,2 n este 3,2%. Să se calculeze constanta de disociere a acidului formic.

445. Gradul de disociere al acidului carbonic după prima treaptă $\left(H_2CO_3 \rightleftarrows H^{\cdot} + HCO_3'\right)$ într-o soluție 0,1 n este 0,173%. Să se calculeze constanta de disociere pentru această treaptă.

446. Gradul de disociere aparent al acidului clorhidric într-o soluție normală este 78%, iar în cea decinormală — 92%. Să se demonstreze că, pentru acidul clorhidric, raportul $\frac{[H^{\cdot}] \cdot [Cl']}{[HCl]}$ nu este o mărime constantă și nu depinde de concentrația soluției.

447. La ce concentrație a soluției, gradul de disociere al acidului azotos HNO_2 va fi 20%, dacă constanta lui de disociere este $5 \cdot 10^{-4}$?

Scanned with OKEN Scanner

448. Într-o soluție 0,1 n, gradul de disociere al acidului acetic este 1,32%, iar al celui clorhidroc, 92%. La ce concentrație a soluției, gradul de disociere al acidului acetic va ajunge de asemenea la 92%?

449. Cîtă apă trebuie adăugată la 300 ml soluție 0,2 m acid acetic ($K = 1{,}8 \cdot 10^{-5}$), pentru ca gradul de disociere al acidului să se dubleze?

450. Care este concentrația ionilor de hidrogen într-o soluție de acid formic ($K = 2 \cdot 10^{-4}$), dacă el este disociat 5%?

451. Să se calculeze concentrația ionilor de hidrogen într-o soluție 0,02 m de acid sulfuric, luînd în considerare numai treapta întîi de disociere, pentru care constanta de disociere este $1{,}7 \cdot 10^{-2}$.

452. De cîte ori se micșorează concentrația ionilor de hidrogen, dacă la 1 l soluție 0,2 m de acid acetic, se adaugă 0,1 mol acetat de sodiu CH_3COONa, al cărui grad de disociere pentru această diluție este 80%? Constanta de disociere a acidului acetic se va considera egală cu $1{,}8 \cdot 10^{-5}$.

453. Să se calculeze concentrația ionilor CH_3COO' într-o soluție care conține la 1 l, 7 mol acid acetic și 0,1 mol HC, considerînd disocierea ultimului completă. Constanta de disociere a acidului acetic se admite a fi $1{,}8 \cdot 10^{-5}$.

3. Produsul de solubilitate

În orice soluție saturată, care vine în contact cu faza solidă (precipitat) a substanței dizolvate, se stabilește un echilibru între substanța din soluție și aceeași substanță din precipitat. Dacă substanța dizolvată este un electrolit tare, greu solubil, de exemplu, o sare puțin solubilă, soluția saturată conține numai ioni ai acestei sări, care se vor găsi în echilibru cu precipitatul. De pildă:

$$\underset{\text{în precipitat}}{CaSO_4} \rightleftarrows \underset{\text{în soluție}}{Ca^{\cdot\cdot} + SO_4''}.$$

Produsul concentrațiilor ionilor unui electrolit greu solubil, conținuți în soluția sa saturată, este o mărime constantă la temperatura dată. Această mărime se numește *produs de solubilitate* al electrolitului și se înseamnă, de obicei, cu P_s. De exemplu, produsul de solubilitate al $CaSO_4$ se exprimă astfel:

$$P_s = [Ca^{\cdot\cdot}] \cdot [SO_4''].$$

În cazurile în care prin disocierea moleculelor unui electrolit se obțin doi sau mai mulți ioni identici, concentrațiile acestor ioni din expresia produsului de solubilitate trebuie să fie ridicate la puterile respective:

$$P_s = [Ca^{\cdot\cdot}]^3 \cdot [PO_4'''']^2.$$

Scanned with OKEN Scanner

Produsul de solubilitate caracterizează solubilitatea electrolitului solid la temperatura dată. Din două săruri de același tip (de exemplu, $CaSO_4$ și $BaSO_4$), sarea, al cărei produs de solubilitate este mai mare, are solubilitatea mai mare.

Concentrația fiecărui ion din soluția saturată a unui electrolit poate fi schimbată, însă o dată cu aceasta se schimbă imediat și concentrația celuilalt ion, astfel că produsul concentrației ionilor își păstrează valoarea anterioară. De aceea, dacă în soluția saturată a unui electrolit se introduce o cantitate oarecare a unuia dintre ionii care intră în compoziția electrolitului, concentrația celui de-al doilea ion trebuie să se schimbe, și o parte din electrolitul dizolvat va precipita.

Astfel, solubilitatea electrolitului scade prin introducerea în soluție a ionilor de același fel.

Folosind mărimea produsului de solubilitate, se pot face un șir de calcule chimice importante, legate de solubilitatea electrolitului dat.

Exemplul 1. Produsul de solubilitate al iodurii de plumb PbJ_2, la temperatura obișnuită, este $1{,}4 \cdot 10^{-8}$. Să se calculeze solubilitatea acestei sări, la aceeași temperatură, și concentrația fiecăruia dintre ionii săi în soluția saturată.

Rezolvare. PbJ_2 se disociază în soluție în ioni $Pb^{\cdot\cdot}$ și J'. Deoarece din fiecare moleculă de PbJ_2 se obține 1 ion $Pb^{\cdot\cdot}$ și 2 ioni J', concentrația ionilor $Pb^{\cdot\cdot}$, exprimată în ioni-gram la litru, este egală cu concentrația totală a sării dizolvate, iar concentrația ionilor J' este de două ori mai mare.

Se notează concentrația molară a soluției saturate de iodură de plumb cu x. Atunci:

$$[PbJ_2] = x,\ [Pb^{\cdot\cdot}] = x,\ [J'] = 2x,$$

$$P_s = [Pb^{\cdot\cdot}]\ [J']^2 = 1{,}4 \cdot 10^{-8}$$

Înlocuind aci concentrațiile ionilor, notate cu x, se obține:

$$4x^3 = 1{,}4 \cdot 10^{-8},\ x^3 = 0{,}35 \cdot 10^{-8} = 3{,}5 \cdot 10^{-9}$$

$$x^3 = \sqrt[3]{3{,}5 \cdot 10^{-9}} = \sqrt[3]{3{,}5} \cdot 10^{-3} = 1{,}5 \cdot 10^{-3}.$$

Solubilitatea unei substanțe la temperatura dată se măsoară prin concentrația soluției sale saturate. Prin urmare, solubilitatea PbJ_2 este $1{,}50 \cdot 10^{-3}$ mol/l; $[Pb^{\cdot\cdot}] = 1{,}5 \cdot 10^{-3}$ ioni-g/l; $[J'] = 3 \cdot 10^{-3}$ ioni-g/l.

Scanned with OKEN Scanner

Exemplul 2. Solubilitatea hidroxidului de magneziu $Mg(OH)_2$ la 18° este $2 \cdot 10^{-4}$ mol/l. Să se găsească produsul de solubilitate al $Mg(OH)_2$.

Rezolvare. Concentrația totală a soluției saturate de hidroxid de magneziu este $2 \cdot 10^{-4}$ mol/l. La disocierea unei molecule de $Mg(OH)_2$ se obține 1 ion $Mg^{\cdot\cdot}$ și 2 ioni OH'.

Prin urmare:

$$[Mg^{\cdot\cdot}] = 2 \cdot 10^{-4} \text{ ioni-g/l}, \quad [OH'] = 4 \cdot 10^{-4} \text{ ioni-g/l}.$$

$$P_s = [Mg^{\cdot\cdot}] \cdot [OH']^2.$$

Înlocuind aici valorile concentrațiilor ionilor, se obține:

$$P_s = 2 \cdot 10^{-4} (4 \cdot 10^{-4})^2 = 3{,}2 \cdot 10^{-11}.$$

Exemplul 3. De cîte ori este mai mică solubilitatea oxalatului de calciu CaC_2O_4 într-o soluție 0,05 m de oxalat de amoniu $(NH_4)_2C_2O_4$ față de solubilitatea lui în apă pură, dacă gradul de disociere aparent al $(NH_4)_2C_2O_4$ în aceste condiții este 70%, iar produsul de solubilitate al CaC_2O_4 este $3{,}8 \cdot 10^{-9}$?

Rezolvare. Se calculează la început solubilitatea oxalatului de calciu în apă pură. Se notează concentrația molară a soluției saturate de CaC_2O_4 cu x. Deoarece molecula de oxalat de calciu se disociază în 2 ioni, concentrația fiecăruia dintre ioni va fi de asemenea x.

De aici, luînd în considerare mărimea produsului de solubilitate al CaC_2O_4, se obține:

$$x^2 = 3{,}8 \cdot 10^{-9}, \quad x = \sqrt{3{,}8 \cdot 10^{-9}} = 6{,}2 \cdot 10^{-5}$$

Prin urmare, solubilitatea oxalatului de calciu în apă pură este $6{,}1 \cdot 10^{-5}$ mol/l.

Se determină apoi solubilitatea aceleiași sări într-o soluție 0,05 m de oxalat de amoniu. Se notează aceasta cu y. Atunci, concentrația ionilor $Ca^{\cdot\cdot}$ din soluție va fi de asemenea y. În ceea ce privește ionii C_2O_4'', concentrația lor se compune din mărimea y și din concentrația ionilor C_2O_4'' din soluția 0,05 m de $(NH_4)_2C_2O_4$, egală (corespunzător cu datele problemei) cu $0{,}05 \cdot 0{,}7 = 0{,}035$ ioni-g/l. Totuși, datorită valorii neînsemnate a lui y în comparație cu 0,035, la calcul ea poate fi neglijată și se poate considera că $[C_2O_4''] = 0{,}035$ ioni-g/l.

Deoarece produsul concentrațiilor ionilor C_2O_4'' și $Ca^{\cdot\cdot}$ trebuie să fie egal cu produsul de solubilitate al CaC_2O_4, atunci:

$$0{,}035 \cdot y = 3{,}8 \cdot 10^{-9}; \qquad y = 1{,}09 \cdot 10^{-7}.$$

Scanned with OKEN Scanner

Astfel, 1 l de soluție saturată în raport cu CaC_2O_4, va conține $1{,}09 \cdot 10^{-7}$ mol CaC_2O_4. Comparînd această valoare cu cea găsită înainte ($6{,}2 \cdot 10^{-5}$) se constată că solubilitatea CaC_2O_4 s-a micșorat de $\frac{6{,}2 \cdot 10^{-7}}{1{,}09 \cdot 10^{-5}}$ ori, adică aproximativ de 570 ori.

Exemplul 4. Se obține oare precipitat de $CaSO_4$ la amestecarea unor volume egale de soluții 0,02 n de $CaCl_2$ și Na_2SO_4? Produsul de solubilitate al $CaSO_4$ este $2{,}3 \cdot 10^{-4}$.

Rezolvare. Deoarece volumul amestecului obținut este de două ori mai mare decît volumul fiecăreia dintre soluțiile luate, concentrațiile tuturor ionilor vor fi de două ori mai mici decît soluțiile inițiale. Considerînd că aceste săruri sînt disociate complet, se poate scrie:

$$[CaCl_2] = [Ca^{\cdot\cdot}] = 0{,}01 \cdot 0{,}5 = 5 \cdot 10^{-3},$$

$$[Na_2SO_4] = [SO_4''] = (0{,}01 \cdot 0{,}5 = 5 \cdot 10^{-3},$$

De aici rezultă:

$$[Ca^{\cdot\cdot}] \cdot [SO_4''] = (5 \cdot 10^{-3})^2 = 2{,}5 \cdot 10^{-5}.$$

Acest calcul arată că produsul concentrațiilor ionilor $Ca^{\cdot\cdot}$ și SO_4'' în soluția obținută după amestecare este mai mic decît produsul de solubilitate al $CaSO_4$. Prin urmare, față de $CaSO_4$, soluția este nesaturată și nu se va obține un precipitat.

PROBLEME

454. Solubilitatea iodurii de plumb PbJ_2, la 18°, este $1{,}5 \cdot 10^{-3}$ mol/l. Să se calculeze concentrațiile ionilor de plumb și de iod într-o soluție saturată de PbJ_2, admițînd că disocierea este completă.

455. Solubilitatea carbonatului de calciu $CaCO_3$, la 18°, este $1{,}3 \cdot 10^{-4}$ mol/l. Să se calculeze produsul de solubilitate al $CaCO_3$.

456. Solubilitatea bromurii de plumb $PbBr_2$, la 18°, este $2{,}7 \cdot 10^{-2}$ mol/l. Să se calculeze produsul de solubilitate al acestei sări.

457. În 500 ml apă la 18° se dizolvă 0,016 5 g cromat de argint Ag_2CrO_4. Cu cît este egal produsul de solubilitate al Ag_2CrO_4 ?

458. Concentrația ionilor F', într-o soluție saturată la 18° de fluorură de calciu CaF_2, este $4 \cdot 10^{-4}$ ioni-g/l. Să se calculeze produsul de solubilitate al CaF_2.

459. Pentru dizolvarea a 1 g iodură de plumb PbJ_2, la 18°, este nevoie de 1 470 ml apă. Să se găsească produsul de solubilitate al acestei sări.

460. Produsul de solubilitate al carbonatului de calciu $CaCO_3$ este $1{,}7 \cdot 10^{-8}$. Cîte grame de $CaCO_3$ conține 1 l de soluție saturată?

461. Produsul de solubilitate al bromurii de argint AgBr este $3{,}6 \cdot 10^{-13}$. Cîte grame de argint sub formă de ioni conține 1 l de soluție saturată a acestei sări ?

Scanned with OKEN Scanner

462. Produsul de solubilitate al sulfatului de granit Ag_2SO_4 este $7 \cdot 10^{-5}$. Să afle solubilitatea sării și să se exprime aceasta în moli la litru și în grame la litru.

463. Cîtă apă este necesară pentru dizolvarea la temperatură obișnuită a 1 g carbonat de bariu $BaCO_3$? Produsul de solubilitate al $BaCO_3$ este $1{,}9 \cdot 10^{-9}$.

464. Cîte grame de sulfat de plumb $PbSO_4$ se pot dizolva la temperatura obișnuită într-un litru de apă, dacă produsul de solubilitate al $PbSO_4$ este $2{,}3 \cdot 10^{-8}$?

465. Produsul de solubilitate al sulfatului de stronțiu $SrSO_4$ este $3{,}6 \cdot 10^{-7}$. Se va forma oare precipitat de $SrSO_4$, dacă se amestecă volume egale de soluții 0,002 n de $SrCl_2$ și K_2SO_4 ?

466. De cîte ori se micșorează concentrația ionilor de argint într-o soluție saturată de AgCl, dacă se adaugă acid clorhidric pînă cînd concentrația HCl din soluție ajunge la 0,03 mol/l ? Produsul de solubilitate al clorurii de argint este $1{,}2 \cdot 10^{-10}$.

467. Produsul de solubilitate al sulfatului de argint Ag_2SO_4 este $7 \cdot 10^{-5}$. Se formează oare precipitat, dacă la soluția 0,02 n de $AgNO_3$ se adaugă un volum egal de soluție normală de acid sulfuric ?

468. Produsul de solubilitate al clorurii de plumb $PbCl_2$ este $2{,}3 \cdot 10^{-4}$. Se formează oare precipitat de $PbCl_2$ dacă la soluția 0,1 n de $Pb(NO_3)_2$ se adaugă un volum egal de soluție 0,4 n de NaCl ?

4. Reacțiile și ecuațiile ionice

Reacțiile în soluțiile de electroliți se datoresc, de obicei, interacțiunii dintre ionii substanțelor dizolvate. Cu toate că majoritatea acestor reacții aparțin tipului așa-numitelor reacții de dublă descompunere, din punctul de vedere al teoriei ionice, esența lor se reduce la combinarea ionilor în molecule de substanțe noi. Totuși, combinarea ionilor poate avea loc numai în cazul cînd substanța nou formată este greu solubilă sau este un electrolit slab. De aceea, o condiție indispensabilă a realizării reacției de dublă descompunere între electroliții din soluții este formarea unor substanțe greu solubile sau slab disociabile.

Exemplul 1. Reacția dintre clorura de calciu și carbonatul de sodiu în soluție apoasă se exprimă prin următoarea ecuație moleculară:

$$CaCl_2 + Na_2CO_3 = \downarrow CaCO_3 + 2NaCl.$$

Soluția de $CaCl_2$ fiind soluția unui electrolit tare, conține numai ioni $Ca^{\cdot\cdot}$ și $Cl^{\prime}$. La fel și Na_2CO_3 este complet disociat în soluție în ioni $Na^{\cdot}$ și CO''_3. Prin amestecarea acestor două soluții, ionii $Ca^{\cdot\cdot}$ și CO''_3 se leagă împreună formînd $CaCO_3$, practic

insolubil în apă, care se depune ca precipitat. Formarea moleculelor de NaCl, arătată în ecuaţia moleculară, nu are loc în realitate, deoarece NaCl este un electrolit tare şi există în soluţie numai sub formă de ioni. Deci, reacţia chimică se produce numai între ionii $Ca^{\cdot\cdot}$ şi CO_3''; ionii $Na^{\cdot}$ şi Cl', care au fost liberi în soluţie pînă la amestecare, rămîn liberi şi după amestecarea soluţiilor, adică nu participă la reacţie. Pe baza celor arătate, reacţia care are loc poate fi reprezentată prin ecuaţia:

$$Ca^{\cdot\cdot} + CO_3'' \downarrow = CaCO_3.$$

Această ecuaţie se numeşte *ecuaţia ionică a reacţiei.* Ea este mai simplă decît ecuaţia moleculară şi în acelaşi timp redă mult mai precis caracterul reacţiei care are loc.

Exemplul 2. Reacţia dintre hidroxidul de sodiu şi acidul clorhidric (reacţia de neutralizare) se exprimă în formă moleculară prin ecuaţia:

$$NaOH + HCl = NaCl + H_2O.$$

Ca şi în cazul precedent, soluţiile substanţelor iniţiale, NaOH şi HCl, conţin numai ionii acestor substanţe. Deoarece NaCl este deasemenea un electrolit tare, la amestecarea soluţiilor, se vor lega între ei numai ionii $H^{\cdot}$ şi OH', formînd moleculele unui electrolit foarte slab, care este apa. Formarea acestor molecule condiţionează desfăşurarea reacţiei date. Astfel, esenţialul acestei reacţii poate fi exprimat prin ecuaţia ionică:

$$H^{\cdot} + OH' = H_2O.$$

Prin aceeaşi ecuaţie se exprimă desigur orice reacţie de neutralizare a unui acid tare cu o bază tare.

Dacă substanţele folosite în reacţie sînt electroliţi tari, uşor solubili, atunci ecuaţia ionică a reacţiei va avea totdeauna acelaşi aspect, ca şi în exemplele arătate mai sus: în partea stîngă se indică ionii care intră în reacţie, iar în dreapta — compuşii formaţi din aceştia, care sînt slab disociaţi sau greu solubili. Substanţele iniţiale pentru asemenea reacţii sînt ionii, iar produsele reacţiei sînt moleculele electroliţilor slabi sau cristalele substanţelor greu solubile.

Ceva mai complicat se desfăşoară reacţiile în acele cazuri cînd una dintre substanţele care reacţionează este un electrolit slab sau greu solubil. Deşi şi aici reacţionează între ei în mod direct numai ionii, iar esenţialul reacţiei constă în combinarea

Scanned with OKEN Scanner

lor, totuşi, în ceea ce priveşte electrolitul slab sau greu solubil, trebuie să se considere drept substanţă iniţială moleculele sau cristalele lui, şi nu ionii, deoarece în momentul începerii reacţiei, în soluţie există numai o cantitate infimă de ioni, restul formîndu-se în cursul reacţiei. În legătură cu aceasta, şi ecuaţiile ionice ale acestor reacţii au un alt aspect.

Exemplul 3. La amestecarea soluţiei acidului cianhidric HCN, care este un acid slab, cu o soluţie de hidroxid de sodiu, are loc reacţia care se exprimă în formă moleculară prin ecuaţia:

$$HCN + NaOH = NaCN + H_2O.$$

Soluţia de acid cianhidric conţine în special molecule HCN, care se găsesc în echilibru cu o cantitate foarte mică de ioni $H^{\cdot}$ şi CN':

$$HCN \rightleftarrows H^{\cdot} + CN'.$$

După adăugarea hidroxidului alcalin la această soluţie, ionii hidroxil ai acestuia încep să reacţioneze cu ionii de hidrogen ai acidului, legîndu-se între ei şi formînd molecule de apă. Însă, ieşirea ionilor $H^{\cdot}$ din soluţie distruge echilibrul arătat mai sus, provocînd disocierea unor noi molecule de HCN şi astfel, treptat, tot acidul cianhidric se disociază, iar ionii $H^{\cdot}$ care se formează, se transformă în apă.

În reacţia cercetată, drept substanţe iniţiale se consideră moleculele HCN, care se disociază complet numai în cursul reacţiei, şi ionii hidroxil ai hidroxidului alcalin care se găsesc de la începutul reacţiei în soluţie în cantitate suficientă; produsele reacţiei, în afară de moleculele de apă, sînt şi ionii CN' eliberaţi din moleculele de acid cianhidric. De aceea, ecuaţia ionică a acestei reacţii se scrie astfel:

$$HCN + OH' = CN' + H_2O.$$

O formă asemănătoare are ecuaţia ionică şi în cazul cînd una dintre substanţele iniţiale este puţin solubilă în apă şi se găseşte la începutul reacţiei sub formă de precipitat.

Exemplul 4. Reacţia de dizolvare a hidroxidului feric în acid clorhidric se exprimă prin ecuaţia moleculară:

$$Fe(OH)_3 + 3HCl = FeCl_3 + 3H_2O.$$

Desfăşurarea reacţiei este condiţionată de formarea moleculelor de apă din ioni $H^{\cdot}$ şi OH'. Dar, în timp ce toţi ionii

hidrogen se găsesc în soluţie în stare liberă, chiar la începutul reacţiei, ionii hidroxil se formează în cantitate suficientă numai în timpul reacţiei din hidroxidul de fier, aproape insolubil în apă. Acesta, în momentul începerii reacţiei se găseşte ca precipitat în echilibru cu o cantitate infimă de ioni $Fe^{\cdot\cdot\cdot}$, şi OH' care au trecut în soluţie:

$$\underset{\text{în precipitat}}{Fe(OH)_3} \rightleftarrows \underset{\text{în soluţie}}{Fe^{\cdot\cdot\cdot} + 3OH'}.$$

După adăugarea acidului, ionii de hidroxil încep să se lege cu ionii hidrogen, distrugînd echilibrul arătat şi provocînd dizolvarea unor noi cantităţi de $Fe(OH)_3$. Treptat, tot precipitatul se dizolvă şi în acelaşi timp se eliberează ionii $Fe^{\cdot\cdot\cdot}$, care intră în compoziţia lui.

Astfel, substanţele iniţiale din reacţia studiată sînt moleculele de hidroxid feric şi ionii de hidrogen, iar produsele de reacţie—ionii $Fe^{\cdot\cdot\cdot}$ şi moleculele de apă. De aceea, reacţia ionică trebuie să fie reprezentată prin ecuaţia:

$$Fe(OH)_3 + 3H^{\cdot} = Fe^{\cdot\cdot\cdot} + 3H_2O.$$

Faţă de cele expuse mai sus, se recomandă următoarea ordine pentru stabilirea ecuaţiilor ionice:

1. Se stabileşte ecuaţia moleculară a reacţiei cercetate, de exemplu, reacţia de dizolvare a FeS în acid clorhidric:

$$FeS + 2HCl = FeCl_2 + H_2S.$$

2. Se transcrie această ecuaţie lăsîndu-se substanţele care sînt, în mod practic, insolubile în apă (FeS) şi cele care se disociază slab (H_2S) sub formă de molecule, iar restul se scriu sub formă de ioni:

$$FeS + 2H^{\cdot} + 2Cl' = Fe^{\cdot\cdot} + 2Cl' + H_2S.$$

3. Se elimină ionii identici, care se întîlnesc în număr egal atît în stînga, cît şi în dreapta ecuaţiei, ca ioni care nu participă la reacţie (ioni Cl'):

$$FeS + 2H^{\cdot} = Fe^{\cdot\cdot} + H_2S.$$

PROBLEME

La rezolvarea problemelor din acest capitol trebuie să se folosească datele privitoare la solubilitatea principalelor săruri, arătate în tabela de la pag. 55.

469. Să se exprime prin ecuații ionice reacțiile:

$$Pb(NO_3)_2 + 2KJ = \downarrow PbJ_2 + 2KNO_3,$$

$$Ba(OH)_2 + 2HNO_3 = Ba(NO_3)_2 + 2H_2O,$$

$$2Cr(OH)_3 + 3H_2SO_4 = Cr_2(SO_4)_3 + 6H_2O.$$

470. Să se exprime prin ecuații ionice reacțiile:

$$Na_2S + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2S,$$

$$Cd(OH)_2 + 2HCl = CdCl_2 + 2H_2O,$$

$$H_2SO_4 + 2KOH = K_2SO_4 = 2H_2O.$$

471. Să se scrie ecuațiile moleculare și ionice ale următoarelor reacții: a) reacția dintre $AlCl_3$ și Ag_2SO_4; b) neutralizarea acidului acetic CH_3COOH, care este un acid slab, cu alcalii; c) acțiunea hidrogenului sulfurat H_2S asupra soluției de $NiCl_2$; d) dizolvarea $Mg(OH)_2$ în acid azotic.

472. Să se exprime prin ecuații ionice următoarele reacții: a) dizolvarea FeS și $Fe(OH)_3$ în acid sulfuric; b) neutralizarea acidului azotos HNO_2 (acid slab) cu hidroxid de sodiu; c) acțiunea alcaliilor asupra soluției de $CuSO_4$.

473. Se amestecă două cîte două soluțiile următoarelor săruri: Na_3PO_4, $CuSO_4$, $ZnCl_2$ și K_2S (în total șase combinații). Să se arate în care cazuri se vor produce reacții și să se scrie ecuațiile ionice ale acestor reacții.

474. Să se exprime prin ecuații ionice reacțiile de dizolvare ale ZnS și $Zn(OH)_2$ în acid clorhidric și reacțiile care se produc la amestecarea soluției de $Ba(OH)_2$ cu soluțiile de $FeCl_3$ și $MgSO_4$.

475. Se amestecă două cîte două, soluțiile următorilor electroliți: $Pb(NO_3)_2$, Na_2S, $CuSO_4$ și KCl (în total șase combinații). În care cazuri se vor produce reacții? Să se scrie ecuațiile moleculare și ionice ale acestor reacții.

476. Să se scrie ecuațiile moleculare și ionice ale reacțiilor care se produc în soluții, între: hidrogenul sulfurat și sulfatul de nichel; carbonatul acid de potasiu și hidroxidul de potasiu; hidroxidul feric și acidul azotic.

477. Să se scrie ecuațiile moleculare și ionice ale reacțiilor care au loc după schemele:

$$CuCl_2 + NaOH \rightarrow Cu(OH)_2 + NaCl,$$

$$BiCl_3 + H_2S \rightarrow \downarrow Bi_2S_3 + HCl,$$

$$NaHCO_3 + NaOH \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O.$$

478. Să se scrie ecuațiile ionice ale reacțiilor care au loc după schemele:

$$Na_2CO_3 + HCl \rightarrow NaCl + H_2O + CO_2,$$

$$Pb(CH_3COO)_2 + HNO_3 \rightarrow Pb(NO_3)_2 + CH_3COOH,$$

$$Ca(OH)_2 + H_2CO_3 \rightarrow Ca(HCO_3)_2 + H_2O,$$

$$MgOHCl + HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2O.$$

Scanned with OKEN Scanner

479. Să se scrie ecuațiile moleculare ale reacțiilor dintre următoarele substanțe în soluție: $CaCl_2$ și $(NH_4)_2CO_3$; $CaSO_4$ și Na_2CO_3; $Ca(NO_3)_2$ și Na_2CO_3; $CaBr_2$ și K_2CO_3. În ce constă esența acestor reacții? Prin care ecuație ionică unică se pot exprima toate aceste reacții?

480. Să se scrie ecuațiile ionice ale reacțiilor care au loc în soluție, între: a) carbonatul de bariu și acidul sulfuric; b) azotatul bazic de bismut insolubil în apă și acid clorhidric; c) hidroxidul de bariu și clorura de nichel.

481. Să se găsească substanțele ale căror reacții în soluții apoase pot fi exprimate prin următoarele ecuații ionice:

$$NO_2' + H^{\cdot} = HNO_2,$$

$$Cu^{\cdot\cdot} + 2OH' = \downarrow Cu(OH)_2.$$

Să se scrie ecuațiile moleculare respective.

482. Să se găsească ecuațiile moleculare ale reacțiilor exprimate prin următoarele ecuații ionice:

$$Pb^{\cdot\cdot} + 2J' = \downarrow PbJ_2,$$

$$Ba^{\cdot\cdot} + CO_3'' = \downarrow BaCO_3,$$

$$Fe^{\cdot\cdot\cdot} + 3OH' = \downarrow Fe(OH)_3.$$

483. Să se scrie cîte două ecuații complete (moleculare) pentru fiecare dintre următoarele reacții:

$$Cu^{\cdot\cdot} + H_2S = \downarrow CuS + 2H^{\cdot},$$

$$Mg(OH)_2 + 2H^{\cdot} = Mg^{\cdot\cdot} + 2H_2O,$$

$$Ca^{\cdot\cdot} + CO_3'' = \downarrow CaCO_3.$$

5. Exponentul de hidrogen

În apă pură, o parte foarte mică din moleculele de H_2O se disociază în ioni:

$$H_2O \rightleftarrows H^{\cdot} + OH'.$$

S-a stabilit prin măsurători, că la temperatura camerei (mai exact la 24°), atît concentrația ionilor de hidrogen, cît și a ionilor hidroxil în apă pură este 10^{-7} ioni-g/l:

$$[H^{\cdot}] = [OH'] = 10^{-7} \text{ ioni-g/l}.$$

Produsul concentrației ionilor de hidrogen și hidroxil ai apei se numește *produsul ionic al apei*, și este numeric egal cu 10^{-14}. Produsul ionic al apei este o valoare constantă nu numai pentru apă, ci și pentru soluțiile apoase, diluate, ale

oricăror substanţe. Notînd produsul ionic al apei cu K_{H_2O}, se poate scrie:

$$K_{H_2O} = [H^{\cdot}] \cdot [OH'] = 10^{-14}.$$

Mai precis $K_{H_2O} = 10^{-14}$ numai la 24°. Prin creşterea temperaturii, K_{H_2O} se măreşte, iar prin coborîrea ei, se micşorează. Totuşi, pentru calculele care se referă la temperatura camerei se poate considera, în toate cazurile, K_{H_2O} egal cu 10^{-14}.

Soluţiile în care concentraţiile ionilor de hidrogen şi de hidroxil sînt aceleaşi, şi egale cu 10^{-7} ioni-g/l, se numesc soluţii neutre. În soluţiile acide $[H^{\cdot}] > [OH']$, în cele alcaline, din contra $[OH'] > [H^{\cdot}]$. Dar, oricum s-ar schimba concentraţiile ionilor $H^{\cdot}$ şi OH' din soluţie, produsul lor rămîne constant şi egal cu 10^{-14}. De aceea, cunoscînd concentraţia unuia dintre ionii apei, este uşor de calculat şi concentraţia celui de-al doilea ion:

$$[H^{\cdot}] = \frac{10^{-14}}{[OH']}; \quad [OH'] = \frac{10^{-14}}{[H^{\cdot}]}.$$

De exemplu, dacă $[H^{\cdot}]$ dintr-o soluţie oarecare este $2 \cdot 10^{-5}$ ioni-g/l, atunci $[OH'] = 10^{-14} : 2 \cdot 10^{-5} = 5 \cdot 10^{-10}$ ioni-g/l; dacă $[OH'] = 10^{-6}$ ioni-g/l, atunci $[H^{\cdot}] = 10^{-8}$ ioni-g/l etc.

Astfel, reacţia oricăror soluţii apoase, aciditatea sau alcalinitatea lor, se poate exprima cantitativ prin concentraţia numai a unuia dintre ionii apei. De obicei, aceasta se exprimă prin concentraţia ionilor de hidrogen.

Din mai multe considerente, s-a hotărît ca, în locul concentraţiei ionilor de hidrogen, este mai comod să se ia exponentul cu semn schimbat, la care trebuie să se ridice numărul 10 pentru a obţine valoarea numerică a concentraţiei. Această valoare se numeşte *exponentul de hidrogen* şi se notează cu simbolul *p*H. De exemplu, dacă $[H^{\cdot}] = 10^{-6}$ ioni-g/l, atunci $p\text{H} = 6$; dacă $[H^{\cdot}] = 5.10^{-3}$ sau, ceea ce este acelaşi lucru, $10^{-2,3}$ ioni-g/l, atunci $p\text{H} = 2,3$ etc.

Este uşor de observat că, matematic, *p*H-ul reprezintă logaritmul zecimal al concentraţiei ionilor de hidrogen, luat cu semn invers:

$$p\text{H} = -\lg_{10}[H^{\cdot}].$$

Din toate cele arătate rezultă că:

1) în soluţia neutră $p\text{H} = 7$;

Scanned with OKEN Scanner

2) în soluțiile acide $pH<7$ și este cu atît mai mic, cu cît soluția este mai acidă;

3) în soluții alcaline $pH>7$.

Cunoscînd pH-ul oricărei soluții, este ușor să se calculeze concentrația ionilor de hidrogen sau de hidroxil. Invers, din valoarea concentrației ionilor de hidrogen sau de hidroxil, se poate stabili pH-ul soluției. În calcule, logaritmii se rotunjesc totdeauna pînă la 0,01. deoarece experimental, nu se poate determina pH-ul soluției cu mare precizie.

Exemplul 1. Concentrația ionilor de hidrogen dintr-o soluție este 0,004 ioni-g/l. Să se determine pH-ul soluției.

Rezolvare. Știind că $pH=-\lg[H^{\cdot}]$ și rotunjind logaritmul pînă la 0,01, se obține :

$$pH=-\lg[H^{\cdot}]=-\lg\ 0{,}004=-\bar{3}{,}60=-(-3+0{,}60)=2{,}4.$$

Exemplul 2. Să se determine concentrația ionilor de hidrogen din soluția al cărei pH este 4,6.

Rezolvare. Din datele problemei

$$-\lg[H^{\cdot}]=4{,}6 \text{ sau } \lg[H^{\cdot}]=-4{,}6.$$

Pentru a determina de aici $[H^{\cdot}]$, trebuie să se găsească numărul (antilogaritmul) din logaritmul dat. Dacă se folosesc tabele de logaritmi, este necesar să se transforme logaritmul astfel, încît numai partea lui cu număr întreg (caracteristica) să fie negativă, iar cea fracțională (mantisa) să fie pozitivă. Pentru aceasta, se scade din caracteristică o unitate, iar la mantisă se adaugă o unitate:

$$-4{,}6=(-4-1)+(-0{,}6+1)=-5+0{,}4=\bar{5}{,}4;\ \lg[H^{\cdot}]=5{,}4.$$

Se caută în tabele antilogaritmul corespunzător:

$$[H^{\cdot}]=0{,}000\,025=2{,}5\cdot10^{-5} \text{ ioni-g/l}.$$

Exemplul 3. Să se determine concentrația ionilor hidroxil din soluția al cărei pH este 10,8.

Rezolvare. Concentrația ionilor de hidrogen din soluție se află astfel:

$$-\lg[H^{\cdot}]=10{,}8 \qquad \lg[H^{\cdot}]=-10{,}8=\bar{11}{,}2,$$

$$[H^{\cdot}]=1{,}6\cdot10^{-11} \text{ ioni-g/l}.$$

Deoarece $[H^{\cdot}]\cdot[OH']=10^{-14}$, atunci:

$$[OH']=\frac{10^{-14}}{1{,}6\cdot10^{-11}}=6{,}25\cdot10^{-4} \text{ ioni-g/l}.$$

Scanned with OKEN Scanner

484. Să se calculeze *p*H-ul soluției 0,002 n de acid azotic, considerînd că disocierea acestuia este completă.

485. Să se calculeze *p*H-ul soluției 0,01 n de acid acetic, al cărui grad de disociere în această soluție este 4,2%.

486. Să se determine *p*H-ul soluției care conține într-un litru 0,1 g NaOH, considerînd disocierea acestuia completă.

487. Care este *p*H-ul soluției care conține într-un litru 0,0051 g ioni hidroxil ?

488. Să se afle concentrația ionilor de hidrogen și de hidroxil din soluția al cărui *p*H este 6,2.

489. Să se calculeze concentrația ionilor H^+ și *p*H-ul soluției 0,5 m de HCl, care este ionizat 85%.

490. Ce cantitate de ioni de hidrogen se găsește în 1 ml soluție al cărei *p*H este 13 ?

491. De cîte ori trebuie mărită sau micșorată concentrația ionilor de hidrogen din soluție, pentru ca *p*H-ul ei să se mărească cu o unitate ?

492. Cum se schimbă *p*H-ul apei pure, dacă se adaugă la 1 l de apă 0,001 mol NaOH ?

493. Ce volum dintr-o soluție 0,1 n de hidroxid alcalin trebuie să se adauge la 10 ml soluție 0,5 n de acid, pentru ca *p*H-ul să devină egal cu 7 ?

494. Apa distilată, care se găsește în contact cu aerul, conține într-un litru $1{,}35 \cdot 10^{-5}$ mol CO_2. Să se calculeze *p*H-ul apei, ținînd seama numai de prima treaptă de disociere a acidului carbonic, pentru care constanta de disociere este $3 \cdot 10^{-7}$.

6. Hidroliza sărurilor

Hidroliza sărurilor se numește reacția unei sări cu apa avînd ca rezultat formarea unui acid (sau unei sări acide) sau a unei baze (sau unei sări bazice).

Din punctul de vedere al teoriei ionice, esența hidrolizei constă în combinarea ionilor sării cu ionii de hidrogen sau de hidroxil ai apei (cîteodată simultan și cu unii și cu ceilalți), cu formarea de molecule nedisociate, sau de ioni noi care se disociază greu.

Deoarece acizii și bazele tari se disociază practic complet în ioni, este evident că, din ionii care intră în compoziția sărurilor, se pot lega cu ionii apei numai resturile acide ale acizilor slabi și ionii metalelor care formează baze slabe. De aici rezultă că sînt hidrolizate numai sărurile în a căror compoziție intră ionii mai sus arătați, adică sărurile care sînt formate: a) dintr-un acid slab și o bază tare (de exemplu, NaCN); b) dintr-un acid tare și o bază slabă (de exemplu, $ZnCl_2$); c)

Scanned with OKEN Scanner

dintr-un acid slab şi o bază slabă [de exmeplu, $Al(CH_3COO)_3$]. Sarea unui acid tare şi a unei baze tari (de exemplu, NaCl), nu hidrolizează.

Legarea ionilor de hidrogen sau de hidroxil ai apei de către ionii sărurilor dizolvate, modifică echilibrul dintre moleculele de apă şi ionii ei, determinînd reacţia acidă sau alcalină a soluţiei obţinute.

Hidroliza este un proces reversibil. În majoritatea cazurilor, cantitatea de sare care a suferit hidroliza este atît de mică, încît produşii de hidroliză, chiar dacă sînt practic insolubili (de exemplu, hidroxizii metalelor grele sau sărurile bazice), totuşi nu precipită, ci rămîn în soluţie.

Ecuaţiile ionice ale reacţiilor de hidroliză se stabilesc după aceleaşi reguli, ca şi ecuaţiile ionice ale reacţiilor obişnuite de dublă descompunere.

Ca exemplu, se va arăta *hidroliza cianurii de potasiu* KCN.

Hidroliza acestei sări este determinată de formarea moleculelor nedisociate de acid cianhidric HCN, care este un acid foarte slab.

Reacţia de hidroliză a KCN se exprimă în formă moleculară prin ecuaţia:

$$KCN + H_2O \rightleftarrows HCN + KOH.$$

Ecuaţia ionică a reacţiei va fi:

$$CN' + H_2O \rightleftarrows HCN + OH'.$$

Deoarece ca rezultat al hidrolizei se formează un exces de ioni OH', soluţia de KCN va avea o reacţie *alcalină*.

La hidroliza sărurilor care conţin în compoziţia lor cationul unei baze tari şi anionul unui acid slab *bi-* sau *polibazic* (de exemplu, Na_2CO_3, K_3PO_4), nu se formează de regulă acizi liberi, ci sărurile lor acide (mai precis anionii sărurilor acide). În mod analog, ca rezultat al hidrolizei sărurilor care s-au format din baze slabe *polivalente* şi acizi tari (de exemplu, $FeCl_3$) nu se obţin de obicei baze libere, ci săruri *bazice* (sau cationii sărurilor bazice).

În cele ce urmează se arată cîteva exemple.

1. *Hidroliza carbonatului de sodiu* Na_2CO_3. La dizolvarea acestei sări în apă, ionii CO_3'' se leagă cu ionii de hiodrogen ai apei, formînd astfel ionii HCO_3', care aproape că nu se disociază. Tocmai formarea acestora şi nu a moleculelor de H_2CO_3 se explică prin faptul că aceştia se disociază mult mai greu

decît moleculele H_2CO_3. Reacţia se exprimă în formă moleculară prin ecuaţia:

$$Na_2CO_3 + H_2O \rightleftarrows NaHCO_3 + NaOH.$$

Ecuaţia ionică a reacţiei este:

$$CO_3'' + H_2O \rightleftarrows HCO_3' + OH'.$$

Din cauza excesului de ioni OH', soluţia are reacţie *alcalină*.

2. *Hidroliza clorurii de zinc* $ZnCl_2$. Desfăşurarea reacţiei este determinată de formarea ionilor $ZnOH^{\cdot}$, care se disociază foarte slab.

În formă moleculară, reacţia se exprimă prin ecuaţia:

$$ZnCl_2 + H_2O \rightleftarrows ZnOHCl + HCl.$$

Ecuaţia ionică a reacţiei este:

$$Zn^{\cdot\cdot} + H_2O \rightleftarrows ZnOH^{\cdot} + H^{\cdot}.$$

Soluţia sării are reacţie *acidă*.

3. *Hidroliza acetatului de aluminiu* $Al(CH_3COO)_3$. Ca rezultat al hidrolizei acestei sări se formează acid acetic, acid slab, şi o sare bazică $AlOH(CH_3COO)_2$:

$$Al(CH_3COO)_3 + H_2O \rightleftarrows AlOH(CH_3COO)_2 + CH_3COOH$$

sau în formă ionică:

$$Al^{\cdot\cdot\cdot} + CH_3COO' + H_2O \rightleftarrows AlOH^{\cdot\cdot} + CH_3COOH.$$

La fierberea soluţiei, hidroliza se intensifică, precipitîndu-se o altă sare bazică $Al(OH)_2CH_3COO$; practic, reacţia decurge pînă la sfîşit astfel:

$$AlOH(CH_3COO)_2 + H_2O = \downarrow Al(OH)_2CH_3COO + CH_3COOH.$$

PROBLEME

495. Să se stabilească ecuaţiile moleculare ionice ale hidrolizei următoarelor săruri:

$$K_2S,\ FeCl_3,\ Al_2(SO_4)_3,\ Ca(CN)_2.$$

496. Să se scrie ecuaţiile moleculare şi ionice ale hidrolizei sărurilor de sodiu ale acizilor slabi: acidul azotos HNO_2 şi hidrogenul sulfurat H_2S.

Scanned with OKEN Scanner

497. Să se exprime prin ecuații ionice hidroliza următoarelor săruri :

$$Cu(NO_3)_2,\ Ca(ClO)_2,\ CrCl_3,\ Na_2S.$$

498. Ce reacție trebuie să aibă soluțiile sărurilor următoare :

$$Zn(NO_3)_2,\ NaBr,\ BaCl_2,\ K_2S,\ CuCl_2.$$

Să se confirme răspunsurile, cu ecuațiile ionice corespunzătoare.

499. Care dintre sărurile arătate mai jos sînt supuse hidrolizei:

$$CrCl_3,\ K_2CO_3,\ NaCN,\ CaBr_2,\ NaNO_3,\ K_2SO_4.$$

Să se scrie ecuațiile ionice corespunzătoare și să se indice reacția soluțiilor acestor săruri.

500. Cum vor acționa soluțiile sărurilor de mai jos asupra turnesolului;

$$NaCN,\ CuSO_4,\ KNO_3,\ Na_2SO_4,\ FeCl_3.$$

Să se confirme răspunsul, scriind ecuațiile ionice de hidroliză ale sărurilor corespunzătoare.

501. Să se scrie ecuațiile moleculare și ionice de hidroliză ale acetatului de calciu $(CH_3COO)_2Ca$ și hipocloritului de sodiu NaClO. Care dintre aceste săruri este supusă hidrolizei într-un grad mai mare, dacă constanta de disociere CH_3COOH este $1{,}8 \cdot 10^{-5}$, iar constanta de disociere a HClO este $4 \cdot 10^{-8}$?

502. Soluția de NaH_2PO_4 are o reacție slab acidă, iar soluția de Na_3PO_4 are o reacție puternic alcalină. Să se explice aceste fapte și să se motiveze aceasta cu ajutorul ecuațiilor ionice respective.

503. Prin amestecarea soluțiilor de $CrCl_3$ și Na_2S, se formează precipitatul de $Cr(OH)_3$. Să se explice formarea lui și să se scrie ecuația ionică a reacției care are loc.

504. Să se scrie ecuațiile moleculare și ionice ale reacției care se produce la amestecarea soluțiilor de $Al_2(SO_4)_3$ și K_2S, avînd în vedere că sulfura de alumniu Al_3S_3 hidrolizează complet.

505. La amestecarea soluțiilor concentrate de clorură ferică $FeCl_3$ și carbonat de sodiu Na_2CO_3, se elimină bioxid de carbon și se formează precipitatul $Fe(OH)_3$. Să se explice formarea lui și să se scrie ecuația ionică a reacției.

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL XIII

COMBINAȚII COMPLEXE

Mulți ioni încărcați pozitiv au proprietatea de a adiționa ioni încărcați negativ sau molecule polare (NH_3, H_2O etc.), formînd astfel așa-numiții *ioni complecși*. Compușii în compoziția cărora intră ioni complecși, se numesc compuși complecși. Dintre aceștia, au o importanță deosebit de mare diferitele săruri complexe.

Formarea combinațiilor complexe este ilustrată prin exemplele care urmează.

1. Dacă se tratează soluția de clorură de nichel $NiCl_2$ cu amoniac, ionii $Ni^{\cdot\cdot}$, care se găsesc în soluție, adiționează fiecare cîte șase molecule de NH_3, transformîndu-se în ionii complecși $[Ni(NH_3)_6]^{\cdot\cdot}$. La evaporarea soluției, ionii complecși se leagă cu ionii Cl' și se obține sarea complexă $[Ni(NH_3)_6]Cl_2$.

2. Prin acțiunea soluției de iodură de potasiu KJ asupra precipitatului de iodură de mercur HgJ_2, precipitatul se dizolvă din cauza formării sării complexe $K_2[HgJ_4]$, care se găsește în soluție sub formă de ioni $K^{\cdot}$ și ioni complecși $[HgJ_4]''$.

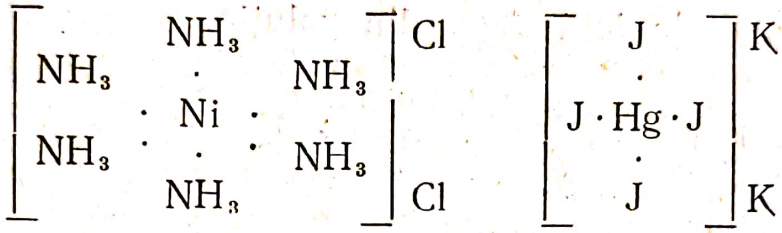
Ionul elementar, care la formarea ionilor complecși adiționează molecule neutre sau ioni de semn contrar se numește *ion generator de complecși sau ion central*. În sărurile complexe arătate mai sus, ionii generatori de complecși sînt ionii $Ni^{\cdot\cdot}$ și $Hg^{\cdot\cdot}$.

Combinațiile complexe sînt caracterizate printr-o așezare spațială deosebită a atomilor în moleculă. Poziția centrală o ocupă ionul central. În imediată apropiere de acesta sînt dispuși (coordinați) un număr oarecare de alți ioni sau molecule electric neutre, care formează așa-numita *sferă interioară de coordinație*. Restul ionilor se găsesc la o distanță mai mare de ionul central, formînd astfel *sfera exterioară de coordinație*. La dizolvarea compusului complex în apă, ionii din sfera exterioară

se scindează, iar ionii sau moleculele care se găsesc în sfera interioară rămîn legaţi de ionul central într-un complex nedisociat sau puţin disociat. Pentru a exprima acest fapt, în formulele compuşilor complecşi, ionul complex se închide în paranteze pătrate.

Ionii sau moleculele legate de ionul central în complex se numesc *adenzi*. În compoziţia ionului complex pot intra simultan diferiţi adenzi. De exemplu, în ionul complex $[CO(NH_3)_2\ (NO_2)_4]'$, adenzi sînt moleculele NH_3 şi ionii NO_2'.

Pentru a avea o idee mai sugestivă despre structura combinaţiilor complexe, ele se reprezintă adeseori prin formule de structură dezvoltată („de coordinaţie"), arătîndu-se legăturile care există între adenzi şi ionul central, prin puncte. De exemplu:



Fiecare generator de complex poate adiţiona numai un număr determinat de adenzi. Acest număr se numeşte *cifra de coordinaţie* a generatorului de complex şi este caracteristică pentru multe elemente. Astfel, la nichel, cifra de coordinaţie este de obicei egală cu 6, la mercur 4, la argint 2 etc.

Sarcina ionului complex este egală cu suma algebrică a sarcinilor ionilor simpli care îl formează (moleculele neutre nu influenţează asupra sarcinii). De exemplu, sarcina ionului $[Co(NH_3)_2(NO_2)_4]'$, compusă din sarcinile ionului $Co^{\cdots}$ şi a ionilor NO_2', este egală cu $3-4=-1$; sarcina ionului $[HgJ_4]''$ este egală cu $2-4=-2$.

Sărurile complexe se aseamănă mult cu sărurile duble. Ca şi acestea, ele se formează adeseori prin combinarea a două săruri simple, de exemplu:

$$AgCN + KCN = \underset{\text{(sare complexă)}}{K[Ag(CN)_2]}$$

$$MgCl_2 + KCl = \underset{\text{(sare dublă)}}{KCl \cdot MgCl_2},\ \text{sau}\ KMgCl_3$$

Prin dizolvare în apă, sărurile duble se descompun în aceiaşi ioni, în care se descompun şi sărurile simple care le-au format, în timp ce sărurile complexe se disociază prin scin-

dare în ioni complecşi noi, care au proprietăţile lor caracteristice:

$$K[Ag(CN)_2] = K^{\cdot} + [Ag(CN)_2]',$$

$$KMgCl_3 = K^{\cdot} + Mg^{\cdot\cdot} + 3Cl'.$$

Totuşi, nu se poate trasa o limită netă între aceste săruri, deoarece mulţi ioni complecşi pot, de asemenea, să disocieze într-un grad mai mare sau mai mic cu formare de ioni simpli. De exemplu, sarea complexă $[Ag(NH_3)_2]NO_3$, în soluţie apoasă se descompune în ionii $[Ag(NH_3)_2]^{\cdot}$ şi NO'_3; ionul $[Ag(NH_3)_2]^{\cdot}$, la rîndul său, deşi într-un grad neînsemnat, se disociază în ionul $Ag^{\cdot}$ şi molecula NH_3:

$$[Ag(NH_3)_2]^{\cdot} \rightleftarrows Ag^{\cdot} + 2NH_3$$

Cantitatea de ioni $Ag^{\cdot}$ din soluţia acestor săruri este atît de mică, încît adăugarea clorurii de sodiu la soluţie nu provoacă formarea precipitatului de clorură de argint, deoarece nu se realizează valoarea produsului de solubilitate al clorurii de argint. Însă, la introducerea ionilor J' în soluţie, apare imediat un precipitat de culoare galbenă de iodură de argint, al cărui produs de solubilitate este mult mai mic decît al clorurii de argint.

Cristalohidraţii diferitelor săruri pot fi consideraţi compuşi complecşi. De exemplu, cristalohidratul $NiCl_2 \cdot 6H_2O$ trebuie socotit ca sare complexă, în care şase molecule de apă intră în compoziţia ionului complex $[Ni(H_2O)_6]Cl_2$.

PROBLEME

506. Să se afle valoarea şi semnul sarcinii la următorii ioni complecşi:

$$Cr[(H_2O)_4Cl_2]; \quad [Pt(NH_3)_3Cl_3]; \quad [Ag(CN)_2];$$

$$[Co(NO_2)_6]; \quad [Cr(NH_3)_5Cl]; \quad [PtCl_6],$$

avînd în vedere că generatori de complecşi sînt ionii

$$Cr^{3+}, \quad Pt^{4+}, \quad Ag^{+}, \quad Co^{3+}.$$

507. Să se scrie formulele de structură dezvoltate ale următoarelor săruri complexe:

$$BaPt(CN)_4; \quad K_3Co(NO_2)_6; \quad Co(NH_3)_5(H_2O)Cl_3,$$

avînd în vedere că ionii care formează complecşii sînt Co^{3+} şi Pt^{2+}

Scanned with OKEN Scanner

508. Cifra de coordinație a unui compus bivalent este egală cu 4. Să se scrie formulele complecșilor ciano-amoniacali ai cuprului bivalent, să se indice valențele lor și să se dea exemple de săruri în a căror compoziție ar intra acești ioni complecși.

509. Să se scrie ecuațiile de disociere în ioni a următoarelor săruri complexe, incluzînd formulele ionilor complecși în paranteze pătrate:

$$Cr(NH_3)_5Cl_3; \quad Cr(NH_3)_4(H_2O)Cl_3;$$

$$Co(NH_3)_5(NO_2)_3; \quad KCo(NH_3)_2(NO_2)_4.$$

510. Să se arate care ioni sînt generatori de complecși în următoarele săruri complexe:

$$K[Pt(NH_3)Cl_5]; \quad [Cr(H_2O)_5Cl]Cl_2; \quad Ca_2[Fe(CN)_6].$$

Să se determine valența lor și cifra de coordinație.

511. Din soluția sării complexe $Pt(NH_3)_6Cl_4$, azotatul de argint precipită toată cantitatea de clor sub formă de AgCl, iar din soluția sării $Ft(NH_3)_5Cl_4$, numai 1/4 din cantitatea de clor care intră în compoziția ei. Folosind aceste date, să se scrie formulele sărurilor arătate, închizînd ionii complecși în paranteze pătrate și indicînd cifra de coordinație a platinei în aceste săruri.

512. Se cunosc două săruri complexe de cobalt, care corespund la una și aceeași formulă moleculară $Co(NH_3)_5BrSO_4$. Diferența dintre ele constă în faptul că soluția primei sări dă cu $BaCl_2$ precipitatul de $BaSO_4$, însă nu precipită cu $AgNO_3$: soluția celeilalte sări, din contra, precipită cu $AgNO_3$, însă nu precipită cu $BaCl_2$. Să se scrie formulele de coordinație ale ambelor săruri și să se indice cifra de coordinație a cobaltului.

513. Să se scrie ecuațiile moleculare și ionice ale reacțiilor care au loc între următoarele săruri, luate pereche:

$$K_3[Fe(CN)_6] \text{ și } CuSO_4; \quad Na_3[Co(NO_2)_6] \text{ și } KCl;$$

$$K_4[Fe(CN)_6] \text{ și } Zn(NO_3)_2,$$

avînd în vedere că sărurile complexe care se formează ca rezultat al reacției sînt insolubile în apă.

514. Să se scrie ecuațiile de disociere în ioni a următoarelor săruri complexe de cobalt, încadrînd ionii complecși între paranteze pătrate:

$$Co(NO_2)_3 \cdot 3KNO_2; \quad Co(NO_2)_3 \cdot KNO_2 \cdot 2NH_3; \quad CoCl_3 \cdot 6NH_3.$$

515. Clorura cromică anhidră $CrCl_3$, adiționînd amoniac, poate forma două săruri complexe: $CrCl_3 \cdot 5NH_3$ și $CrCl_3 \cdot 6NH_3$. Să se scrie formulele acestor săruri complexe și ecuațiile lor de disociere în ioni, cunoscînd că din soluția uneia dintre săruri, azotatul de argint precipită toată cantitatea de clor, care se găsește în ea, iar din soluția celeilalte, numai 2/3 din cantitatea de clor care intră în compoziția ei.

516. Din soluția sării complexe $CoCl_3 \cdot 5NH_3$, azotatul de argint precipită numai 2/3 din cantitatea totală de clor pe care o conține. Să se scrie formula structurală a sării și să se indice cifra de coordinație a generatorului de complex.

517. O sare complexă are compoziția exprimată prin formula $CoClSO_4 \cdot 5NH_3$. La tratarea soluției cu azotat de argint nu se for-

mează precipitat, iar clorura de bariu precipită din soluție $BaSO_4$. Să se scrie ecuația de disociere în ioni a acestei sări, încadrînd ionul complex între paranteze pătrate.

518. Soluțiile de săruri simple de cadmiu formează cu alcaliile un precipitat alb de $Cd(OH)_2$, iar cu hidrogenul sulfurat un precipitat galben de CdS. Să se explice de ce soluția de cianură complexă de cadmiu $K_2[Cd(CN)_4]$ formează un precipitat cu hidrogenul sulfurat, dar în același timp nu dă un precipitat cu alcaliile.

519. Iodura de potasiu KJ precipită argintul sub formă de AgJ din soluția de sare complexă $[Ag(NH_3)_2]NO_3$, însă nu provoacă formarea precipitatului în soluția sării $K[Ag(CN)_2]$. Cu hidrogenul sulfurat, ambele soluții precipită Ag_2S. Ce concluzie se poate trage de aici în privința disocierii ionilor complecși $[Ag(NH_3)_2]^{\cdot}$ și $[Ag(CN)_2]'$? Care săruri, Ag_2S sau AgJ, au produsul de solubilitate mai mic?

520. În ce constă diferența dintre sărurile complexe și cele duble din punctul de vedere al teoriei ionice? Să se scrie ecuațiile de disociere în ioni pentru următoarele săruri complexe și duble:

$$Na_3[Co(NO_2)_6]\ ; \quad K[AuCl_4]\ ; \quad [Cr(H_2O)_4Cl_2]\,Cl\ ;$$

$$KCr(SO_4)_2\ ; \quad KMgCl_3.$$

Să se indice valența și cifrele de coordinație ale generatorilor de complecși din sărurile complexe indicate mai sus.

521. Dacă la soluția care conține ioni $Fe^{\cdots}$ se adaugă tiocianat de potasiu KSCN lichidul se colorează în roșu-intens ca sîngele, datorită formării tiocianatului de fier $Fe(SCN)_3$. Să se arate dacă apare aceeași culoare roșie prin acțiunea tiocianatului de potasiu: a) asupra soluției alaunului feri-amoniacal $FeNH_4(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$; b) asupra soluției de fericianură de potasiu $K_3[Fe(CN)_6]$. Să se motiveze răspunsul.

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL XIV

SISTEMUL PERIODIC AL ELEMENTELOR AL LUI D. I. MENDELEEV

1. Dependenţa proprietăţilor elementelor de structura atomilor lor

După concepţiile moderne, proprietăţile elementelor chimice sînt determinate de structura atomilor. În tabela sistemului periodic al lui Mendeleev, elementele sînt aşezate în ordinea creşterii sarcinilor nucleare ale atomilor şi sînt dispuse pe orizontală în şapte perioade (trei mici şi patru mari). Prima perioadă conţine 2 elemente, a doua şi a treia — cîte 8 elemente, a patra şi a cincea — cîte 18 elemente, a şasea — 32 elemente şi a şaptea, neterminată, — 12 elemente. Numărul de ordine al elementului indică sarcina nucleului atomului lui şi totodată şi numărul de electroni care se rotesc în jurul nucleului. Electronii formează mai multe straturi. Numărul electronilor (N) din fiecare strat, aşa cum s-a arătat mai înainte (v. pag. 71) se determină cu formula : $N = 2n^2$, în care n este numărul stratului.

Prin creşterea sarcinilor nucleare, creşte atît numărul total de electroni din atomi, cît şi numărul straturilor electronice. Apariţia straturilor noi şi completarea lor cu electroni se poate vedea în tabela sistemului periodic, dată la sfîrşitul cărţii.

Din tabelă, se observă că, în fiecare perioadă are loc completarea unui nou strat electronic, iar în perioadele mari, are loc afară de aceasta şi completarea straturilor interioare. De aceea, *numărul total de straturi electronice din atom este egal cu numărul perioadei în care se află elementul.*

În sistemul periodic, proprietăţile elementelor variază cu creşterea numerelor de ordine ale acestora. Proprietatea

chimică cea mai caracteristică a metalelor este capacitatea atomilor lor de a ceda uşor electronii lor exteriori şi de a se transforma în ioni încărcaţi pozitiv. Din contra, metaloizii se caracterizează prin tendinţa lor de a capta electroni, formînd ioni încărcaţi negativ.

Mai jos se examinează variaţia proprietăţilor în perioade.

În limitele fiecărei perioade (în afară de prima), proprietăţile metalice, care sînt cele mai pronunţate la primul termen al perioadei, slăbesc treptat la ceilalţi termeni ai perioadei şi cedează locul lor proprietăţilor metaloidice; la începutul perioadei se află un metal tipic, iar la sfîrşitul ei un metaloid tipic şi apoi un gaz inert.

Variaţia regulată a proprietăţilor elementelor în perioade se explică prin faptul că, o dată cu creşterea sarcinilor nucleare ale atomilor, atracţia electronilor spre nucleu creşte, din care cauză cedarea acestora, caracteristică metalelor, devine mai dificilă. În acelaşi timp, tendinţa atomilor de a adiţiona electroni creşte pe măsură ce ne apropiem de sfîrşitul perioadelor.

În afară de aşezarea pe orizontală, toate elementele din tabela sistemului periodic sînt dispuse pe verticală în nouă grupe. La rîndul lor, primele şapte grupe, se împart fiecare în două subgrupe principale şi secundare. În limitele fiecărei subgrupe, o dată cu creşterea numărului de ordine, creşte şi numărul straturilor electronice din atomi. Deoarece, în acest caz, electronii exteriori se depărtează mai mult de nucleu, atracţia lor la nucleu devine mai slabă şi ei se pot rupe mai uşor de atomi. De aceea, o dată cu mărirea pe verticală a numărului de ordine, proprietăţile metalice ale elementelor se intensifică, iar cele metaloidice slăbesc.

Regulile expuse permit, plecînd de la numărul de ordine al elementului, să se determine poziţia elementului în sistemul periodic, să se deducă structura straturilor electronice ale atomului şi să se stabilească proprietăţile chimice fundamentale ale elementului.

Exemplul 1. Să se determine în ce perioadă şi în ce grupă se găseşte elementul wolfram, cu numărul de ordine 74.

Rezolvare. Deoarece în primele cinci perioade se găsesc $2 + 8 + 8 + 18 + 18 = 54$ elemente, iar în perioada a şasea, 32 elemente, este evident vă wolframul se găseşte în perioada a şasea, unde ocupă locul al douăzecilea de de la începutul perioadei $(74 - 54 = 20)$. Luînd în considerare că în compunerea primei jumătăţi din perioada

Scanned with OKEN Scanner

a șasea (rîndul 8), intră 14 elemente care urmează după lantan și care fac parte din grupa a treia, se ajunge la concluzia că wolframul trebuie să se găsească în rîndul par al perioadei a șasea, în grupa a șasea (20—14=6).

Exemplul 2. Care este structura straturilor electronice la elementul cu numărul de ordine 33?

Rezolvare. Raționînd ca și în exemplul precedent, se determină poziția elementului în sistemul periodic. Se stabilește că el se află în perioada a patra, în rîndul impar, în grupa a cincea.

Deoarece în rîndul par al perioadei a patra se mărește numărul electronilor din cel de-al treilea strat, tinzînd să ajungă pînă la 18 electroni, toate elementele din rîndul impar al perioadei a patra vor avea primele trei straturi electronice completate, iar numărul de electroni din stratul al patrulea va reprezenta în același timp și numărul grupei. Prin urmare, structura straturilor electronice ale acestui element este: primul strat — 2 electroni, al doilea strat — 2 electroni, al treilea strat 18 electroni și al patrulea strat — 5 electroni.

Exemplul 3. Să se stabilească principalele proprietăți chimice ale elementului cu numărul de ordine 52, dacă se cunoaște structura atomului lui.

Rezolvare. Prezența celor 6 electroni în stratul exterior al atomului caracterizează elementul ca un metaloid. Datorită distanței destul de mare a electronilor exteriori față de nucleul lui, proprietățile metaloidice vor fi puțin diminuate.

Valența pozitivă superioară a elementului trebuie să fie egală cu 6, cea negativă cu 2. Formula oxidului superior este RO_3. Elementul trebuie să formeze cu hidrogenul un compus gazos de tipul RH_2.

PROBLEME

522. Pentru care elemente este caracteristică formarea compușilor gazoși cu hidrogen? În care grupe ale sistemului periodic se află aceste elemente? Să se arate care dintre combinațiile hidrogenate formate au însușiri acide.

523. Elementul, al cărui oxid superior corespunde formulei R_2O_5, formează împreună cu hidrogenul un compus gazos, care conține 3,85% hidrogen. Care este acest element?

524. Prin reacția dintre 0,75 g de metal bivalent cu apa s-au format 420 ml hidrogen, măsurat în condiții normale. Care este acest metal?

525. Să se deseneze schemele structurii electronice a atomilor primelor patru elemente din perioada a patra, indicînd valența lor maximă și reprezentînd ionii corespunzători prin simboluri.

Scanned with OKEN Scanner

526. Să se deseneze schemele structurii electronice a atomilor elementelor, care au numerele de ordine 14, 15, 16 și 17. Să se indice valența maximă pozitivă și negativă a fiecărui element.

527. Să se deseneze schemele structurii electronice a ionilor negativi de sulf și clor. De ce, avînd aceeași structură a învelișului electronic, posedă proprietăți absolut diferite?

528. De ce la elementul mangan, din grupa a șaptea, predomină proprietățile metalice, în timp ce halogenii, care se găsesc în aceeași grupă, sînt metaloizi tipici? Să se dea răspunsul pe baza structurii atomilor elementelor indicate.

529. Cu care dintre elemente, seleniul sau cromul, se aseamănă mai mult molibdenul după structura atomului? Care proprietăți metalice sau metaloidice. trebuie să predomine? De ce?

530. La care dintre elementele, calciu sau bariu, din grupa a doua sînt mai evidente proprietățile metalice? De ce? Care dintre ele formează o bază mai tare?

531. Cum variază proprietățile elementelor în perioadele și în subgrupele principale ale sistemului periodic, datorită creșterii numerelor de ordine? Să se explice schimbarea proprietăților, avînd în vedere structura atomilor elementelor.

532 Cunoscîndu-se structura straturilor electronice ale atomilor elementelor titan și germaniu, situate în grupa a patra, să se arate la care din ele se manifestă mai puternic proprietățile metalice. De ce?

533. În care grupă și în care rînduri, pare sau impare, trebuie să se găsească elementele care au în stratul electronic exterior al atomului 2 electroni, iar în penultimul 13? Care este valența lor maximă? Care proprietăți predomină, metalice sau metaloidice?

534. Ce proprietăți chimice trebuie să aibă elementul obținut artificial, cu numărul de ordine 87? Cu care dintre elementele, care se găsesc în tabelă, se aseamănă cel mai mult?

535. Valența maximă a elementelor în raport cu oxigenul este 7. Straturile electronice exterioare ale acestora au 2 electroni. Să se arate dacă aceste elemente formează combinații gazoase cu hidrogenul.

536. Prin ce se explică schimbarea periodică a valenței elementelor la creșterea numerelor lor de ordine? De ce la elementele cu numerele de ordine 58—71 (lantanide) valența nu se schimbă prin mărirea numerelor de ordine?

537. Să se indice ionii elementelor din perioada a treia care se aseamănă după structura învelișului electronic cu atomul de neon. Să se reprezinte aceasta prin simbolurile corespunzătoare.

538. Care dintre ionii primelor șapte elemente din perioada a patra se aseamănă, după structura lor, cu atomul de argon? Să se reprezinte aceasta prin simbolurile corespunzătoare.

539. Să se indice care dintre ionii elementelor din perioada a doua se aseamănă, după structura învelișului electronic, cu atomii de heliu și care cu atomii de neon. Să se reprezinte simbolurile lor.

540. Cîți electroni conțin în stratul lor exterior următorii ioni ai elementelor din perioada a patra:

$$Ca^{2+},\ Cr^{3+},\ Zn^{2+},\ Se^{2-},\ Br^{-}.$$

Care dintre ei sînt asemănători. după structura învelișului electronic, cu atomii gazelor inerte?

Scanned with OKEN Scanner

541. Cîți electroni conțin în stratul exterior ionii elementelor din perioada a cincea :

$$Rb^+,\ Sr^{2+},\ Zr^{4+},\ Ag^+,\ Cd^{2+},\ Sn^{4+},\ Te^{2-}.$$

Care dintre ei sînt asemănători, după structura învelișului electronic, cu atomul gazului inert, criptonul ?

542. Să se arate cîte straturi electronice au următorii ioni :

$$K^+,\ Mn^{2+},\ Fe^{3+},\ J^-,\ Se^{2-}.$$

543. Care este valența maximă, în raport cu oxigenul și hidrogenul, a elementelor care au în cele două straturi electronice exterioare: unul —18 și 5 electroni, celălalt —8 și 7 electroni ?

544. Să se deseneze schemele structurii învelișurilor electronice ale următorilor ioni :

$$Li^+,\ Cs^+,\ Ba^{2+},\ Al^{3+},\ Ni^{2+},\ Cl^-,\ S^{2-}.$$

545. Să se arate dacă structura învelișului electronic este aceeași la : a) ionii de clor și de calciu în cristalele de $CaCl_2$; b) ionii de brom și de sodiu în cristalele de NaBr.

2. Radioactivitatea. Legea de deplasare. Izotopii

Radioactivitate se numește proprietatea unor elemente de a emite raze invizibile, care trec prin corpurile opace pentru razele de lumină obișnuite, ionizează aerul și provoacă înnegrirea plăcii fotografice.

Se deosebesc trei feluri de raze, emise de elementele radioactive:

1) raze α — flux de particule cu masa egală cu 4 unități de oxigen, care transportă fiecare două sarcini elementare, pozitive (nuclee de heliu);

2) raze β — flux de electroni, care se propagă cu o viteză apropiată de viteza luminii;

3) raze γ — oscilații electromagnetice cu o frecvență înaltă care se deosebesc de razele Röntgen printr-o lungime de undă mult mai mică.

Emiterea de raze de către elementele radioactive este consecința dezintegrării spontane a atomilor lor, în urma căreia se formează atomii unor elemente chimice noi. Dezintegrarea atomilor este însoțită de eliminarea particulelor α (nuclee de heliu), sau a particulelor β (electroni).

Numărul de atomi al elementului radioactiv, care se dezintegrează în unitatea de timp este proporțional cu numărul total al atomilor prezenți (legea dezintegrării radioactive).

Scanned with OKEN Scanner

Coeficientul de proporționalitate, care arată ce parte din numărul existent de atomi se dezintegrează în unitatea de timp, se numește *constanta de dezintegrare* a elementului radioactiv. Cunoscînd constanta de dezintegrare k, se poate calcula numărul atomilor care s-au dezintegrat în orice interval de timp. Dacă, de exemplu, într-o secundă se descompune 1/100 parte din cantitatea existentă de element radioactiv, atunci în secunda următoare se va descompune 1/100 din rest, iar în cea următoare — 1/100 parte din noul rest etc.

Intervalul de timp, în decursul căruia se descompune jumătate din cantitatea inițială de element radioactiv, se numește *perioada de înjumătățire.*

Valoarea inversă a constantei de dezintegrare se numește *durata medie de viață* a elementului radioactiv. Este evident că aceasta este intervalul de timp în decursul căruia orice cantitate de element radioactiv s-ar descompune fără rest, dacă dezintegrarea s-ar efectua tot timpul cu viteza inițială. Durata medie de viață (τ) este legată de perioada de înjumătățire (T) prin raportul $\tau = 1{,}44\ T$.

Așezarea în tabela sistemului periodic a elementelor care iau naștere prin dezintegrarea radioactivă și, de asemenea, găsirea greutăților lor atomice, se efectuează pe baza *legii de deplasare sau regulii de mișcare,* al cărei principiu este redat în cele ce urmează. La eliminarea particulei α din nucleul atomului, masa nucleului se micșorează cu 4 unități, iar sarcina nucleului cu 2. De aceea, elementul format are greutatea atomică mai mică cu 4 unități, iar numărul de ordine mai mic cu 2 unități decît atomul inițial, și se deplasează în tabelă cu două locuri spre stînga. Expulzarea particulei β nu provoacă modificarea greutății atomice, deoarece masa particulei este infinit de mică (1/1 840 din masa unui atom de hidrogen), însă sarcina nucleului se mărește cu 1, din care cauză elementul format se deplasează cu un loc spre dreapta.

Exemplul 1. Să se determine locul din sistemul periodic și greutatea atomică a elementului care s-a format din radiu ca rezultat al pierderii a patru particule α și a două particule β.

Rezolvare. Numărul de ordine al radiului este 88. Pierderea a patru particule α micșorează sarcina nucleului cu 8, iar pierderea a două particule β, o mărește cu 2. Deci, numărul de ordine al elementului format va fi mai mic cu 6 unități decît cel al radiului, adică 82.

Scanned with OKEN Scanner

Poziția elementului nou în sistemul periodic se poate stabili prin calcul (fără a folosi tabela) după metoda indicată în subcapitolul 1. (v. exemplul 1 la p. 152). Efectuînd acest calcul, se află că elementul trebuie să se găsească în perioada a șasea, într-un rînd impar, în grupa a patra.

Exemplul 2. Unul dintre produsele intermediare de dezintegrare a toriului este toronul, a cărui greutate atomică este 220 și al cărui număr de ordine este 86. Cîte particule α și β trebuie să piardă atomul de toriu, pentru a se transforma în atom de toron?

Rezolvare. Greutatea atomică a toriului este 232. Diferența între aceasta și greutatea atomică a toronului este 12. Deci, la transformarea în atomul de toron, atomul de toriu trebuie să piardă trei particule α.

Numărul de ordine al toriului este 90. Dacă transformarea în toron ar fi fost însoțită numai de pierderea particulelor α, atunci numărul de ordine al toronului ar fi trebuit să fie egal cu 84. Dar, deoarece el este egal cu 86, este clar că fiecare atom de toriu, afară de trei particule α, trebuie să piardă încă două particule β.

Varietățile de atomi ale aceluiași element, la care sarcinile nucleelor și deci și toate proprietățile chimice sînt identice, însă au o greutate diferită, se numesc *izotopi*.

Majoritatea elementelor chimice sînt amestecuri de izotopi, adică sînt formate din atomi de greutate diferită. De aceea, greutatea atomică a elementului, determinată prin metode chimice obișnuite, este numai media aritmetică a greutăților izotopilor care formează amestecul dat. Greutatea atomică a izotopilor se exprimă aproape numai prin numere întregi.

Pentru diferențierea izotopilor aceluiași element, la simbolurile chimice se scrie sus la stînga, greutatea atomică a izotopului. De exemplu, izotopii clorului se notează astfel: ^{35}Cl și ^{37}Cl.

PROBLEME

546. În timp de o oră se dezagregă 1/6 dintr-un element radioactiv. Să se construiască diagrama care arată reducerea cantității din acest element în funcție de timp și să se determine perioada de înjumătățire folosind această diagramă.

547. Constanta de dezintegrare a radiului E este $1{,}6 \cdot 10^{-6}$ (pe secundă). Să se determine durata medie de viață a acestui element.

Scanned with OKEN Scanner

548. Constanta de dezintegrare a radiului A este $3{,}8 \cdot 10^{-3}$ (pe secundă). Să se determine perioada de înjumătățire și durata medie de viață a radiului A.

549. Într-un vas se găsește 0,01 g radon. Perioada de înjumătățire a radonului este egală aproximativ cu 4 zile. Ce cantitate de radon va rămîne în vas după 20 de zile?

550. 1 g radiu emite într-o secundă $3{,}5 \cdot 10$ particule α. Să se calculeze peste cît timp cantitatea de radiu indicată se va dezintegra în întregime, dacă dezintegrarea va decurge tot timpul cu viteza inițială. Cum se numește această perioadă de timp?

551. Ce cantitate de radiu C va mai rămîne după 3 ore dintr-un miligram de radiu C, a cărui perioadă de înjumătățire este egală, aproximativ, cu 20 min?

552. Să se motiveze de ce radiul, cu toate că se dezintegrează continuu, se mai găsește în natură pînă în prezent.

553. Peste cîți ani 1 g radiu va scădea în greutate din cauza dezintegrării radioactive pînă la 1/8 g, dacă perioada de înjumătățire a radiului este egală cu 1 580 de ani?

554. Să se arate dacă se schimbă greutatea atomului unui element prin pierderea a unei particule α și a două particule β. Dar sarcina nucleului?

555. Cîte particule α și β trebuie să piardă atomul de plumb ^{208}Pb, pentru a se transforma în atomul de mercur ^{200}Hg?

556. Potasiul și rubidiul sînt puțin radioactivi și emit raze β. În ce elemente se transformă ei?

557. În care grupă din sistemul periodic trebuie să se plaseze elementul care s-a format din toriu prin emiterea a patru particule α și a două particule β? Care trebuie să fie: a) greutatea lui atomică; b) valența; c) numărul de electroni din stratul exterior al atomului; d) formula oxidului superior; e) formula compusului hidrogenat?

558. Cărei grupe din sistemul periodic îi aparține elementul care s-a format prin pierderea a două particule α și a două particule β de către atomul de uraniu ^{238}U? Care va fi greutatea lui atomică? Cu care elemente din tabela elementelor va avea proprietăți chimice identice?

559. Ce volum va ocupa în condiții normale heliul, format din cauza transformării în plumb a unui atom-gram de toriu (greutate atomică 232)? În calcul este necesar să se aibă în vedere că moleculele de heliu sînt monoatomice.

560. Cîte grame de plumb și cîți litri de heliu, aduși la condiții normale, se vor căpăta ca rezultat al dezintegrării unui atom-gram de radiu?

561. Prin ce se pot deosebi unul de altul, atomii aceluiași element? Cum se numesc astfel de atomi? Pot oare să aibă aceeași greutate atomii unor elemente diferite? Să se confirme răspunsul prin exemple.

562. Azotul este format din izotopii ^{14}N și ^{15}N, iar hidrogenul din izotopii ^{1}H și ^{2}H. Cîte tipuri diferite de molecule conține amoniacul obișnuit? Să se scrie formulele lor (de exemplu, $^{14}N^{2}H^{1}H_2$) și să se arate greutatea lor moleculară.

563. Oxigenul este format din izotopii ^{16}O, ^{17}O și ^{18}O, iar carbonul — din izotopii ^{12}C și ^{13}C. Cîte feluri diferite de molecule conține bioxidul de carbon? Să se scrie formulele lor și să se arate greutatea lor moleculară.

Scanned with OKEN Scanner

564. Izotopul cărui element (din cele existente în tabela sistemului periodic) se va obține prin pierderea de către atomul toriului ^{232}Th a cinci particule α și două particule β? Care va fi greutatea atomică a acestui izotop?

565. Clorul (greutate atomică 35,46) este format din izotopii ^{35}Cl și ^{37}Cl. Să se calculeze cîte procente din fiecare izotop conține clorul cu greutatea atomică dată.

566. Galiul natural (greutate atomică 69,72) este format din izotopii ^{69}Ga și ^{71}Ga. Să se calculeze cîte procente din fiecare izotop conține acesta.

567. Rubidiul natural este format din izotopii ^{85}Rb și ^{87}Rb și conține 72,8% din primul izotop și 27,2% din al doilea izotop. Să se calculeze greutatea atomică medie a rubidiului.

568. Cuprul natural este format din izotopii ^{63}Cu și ^{65}Cu. Raportul dintre numărul de atomi ^{63}Cu și numărul de atomi ^{65}Cu în amestec este 8 : 3. Să se calculeze greutatea atomică medie a cuprului.

569. Transformarea actiniului (greutate atomică 227) în actinon se realizează după schema:

$$Ac \xrightarrow{\beta} RaAc \xrightarrow{\alpha} AcX \xrightarrow{\alpha} Acn.$$

Să se indice pentru fiecare dintre produsele de dezintegrare, greutatea atomică, numărul de ordine și simbolul chimic al elementului izotop cu el din tabela sistemului periodic.

570. Seria radioactivă uraniu-radiu are forma:

$$UI \xrightarrow{\alpha} UX_I \xrightarrow{\beta} UX_{II} \xrightarrow{\beta} UII \xrightarrow{\alpha} Io \xrightarrow{\alpha} Ra.$$

Să se calculeze greutatea atomică și numărul de ordine pentru fiecare termen intermediar din această serie. Să se indice care dintre elementele din tabela sistemului periodic sînt izotopii lor.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL XV

REACŢIILE DE OXIDO-REDUCERE

1. Oxidare şi reducere

Reacţii de oxido-reducere se numesc acele reacţii prin care se schimbă valenţa elementelor care intră în compoziţia substanţelor ce reacţionează. Schimbarea valenţei elementelor se datoreşte trecerii electronilor de la unii atomi sau ioni la alţii.

Oxidare se numeşte procesul de pierdere al electronilor atomilor sau ionilor, iar reducere procesul de adiţie al electronilor.

Substanţa ai cărei atomi sau ioni adiţionează electroni, captîndu-i de la alte substanţe, se numeşte *oxidant,* iar substanţa ai cărei atomi sau ioni cedează electroni, se numeşte *reducător*. Oxidantul captează în timpul reacţiei electroni de la substanţa care se oxidează şi, prin aceasta, el însuşi se reduce; dimpotrivă, reducătorul, pierzînd electroni, se oxidează. Deoarece electronii pierduţi de către o substanţă se adiţionează imediat de către o altă substanţă, oxidarea este însoţită întotdeauna de reducere, iar reducerea — de oxidare.

Cele mai simple reacţii de oxido-reducere sînt reacţiile de formare a substanţelor compuse din cele simple, cum şi reacţiile de dezlocuire a unor elemente din compuşii lor de către alte elemente.

În cele ce urmează, se analizează cîteva exemple.

a) *Reacţia de formare a sulfurii de zinc ZnS din sulf şi zinc* se exprimă prin ecuaţia :

$$\overset{2e^-}{\overline{Zn + \overset{\downarrow}{S}}} = \overset{+II}{Zn^{++}}\ \overset{-II}{S^{--}}.$$

Esența reacției constă în trecerea a doi electroni de la fiecare atom de zinc la fiecare atom de sulf, din care cauză ambii atomi se transformă în ioni, care formează ulterior sulfura de zinc. Zincul se oxidează; ca urmare a reacției, valența zincului se mărește de la 0 pînă la +2. Sulful se reduce, iar valența lui scade de la 0 pînă la —2. Reacția care are loc se poate reprezenta intuitiv dacă se exprimă separat procesul de oxidare și procesul de reducere prin ecuația „electronică".

$$Zn - 2e^- = Zn^{++} \text{ (procesul de oxidare)};$$

$$S + 2e^- = S^{--} \text{ (procesul de reducere)}.$$

Zincul este reducător, sulful este oxidant.

b) *Reacția de dezlocuire a cuprului din sarea lui* ($CuSO_4$) *de către fier:*

$$Fe + Cu^{++}SO_4 = Cu + Fe^{++}SO_4 \quad (2e^-)$$

Ionul cupru Cu^{++} captează doi electroni de la atomul de fier, transformîndu-se în atom de cupru neutru din punct de vedere electric, iar atomul de fier devine ion pozitiv cu două sarcini:

$$Fe - 2e^- = Fe^{++} \text{ (procesul de oxidare)};$$

$$Cu^{++} + 2e^- = Cu \text{ (procesul de reducere)}.$$

Fierul se oxidează, valența lui crește de la 0 pînă la +2; cuprul (ionii Cu^{++}) se reduce, valența lui scade de la + 2 la 0. Fierul este reducător, ionul de cupru oxidant.

c) *Reducerea oxidului de cupru cu hidrogen:*

$$Cu^{++}O^{--} + H_2 = Cu + H^+_2O^{--} \quad (2e^-)$$

În această reacție, ionul de cupru Cu^{++} captează doi electroni de la doi atomi de hidrogen, care formează molecula H_2 și se transformă într-un atom neutru de cupru, iar atomii de hidrogen, pierzînd electronii, se transformă în ioni pozitivi cu o singură sarcină H^+. Ionul de cupru este oxidant, hidrogenul reducător:

$$Cu^{++} + 2e^- = Cu \text{ (procesul de reducere)};$$

$$H_2 - 2e^- = 2H^+ \text{ (procesul de oxidare)}.$$

2. Stabilirea ecuațiilor reacțiilor de oxido-reducere

Deoarece în reacțiile de oxido-reducere, numai electronii trec de la unii atomi sau ioni la alții, este evident că numărul de electroni captați de către oxidant trebuie să fie egal cu numărul de electroni cedați de către reducător. De aceea, la stabilirea ecuațiilor reacțiilor dintre substanțele oxidante și reducătoare, coeficienții formulelor acestor substanțe se aleg astfel, încît produsul dintre numărul atomilor sau al moleculelor de substanță oxidantă care reacționează și numărul de electroni captați să fie egal cu produsul analog pentru substanța reducătoare. Numărul de electroni cedați sau primiți se poate calcula după variația valenței elementelor corespunzătoare în urma reacției.

La stabilirea ecuațiilor reacțiilor de oxido-reducere, este necesar, firește, să se știe, în ce se transformă substanțele oxidante și reducătoare ca rezultat al reacției. Adeseori, acest lucru poate fi prevăzut dinainte pe baza proprietăților cunoscute ale ambelor substanțe. Dacă reacția are loc în soluție, atunci poate să participe la ea și apa ; problema participării apei se tratează în decursul stabilirii ecuațiilor reacțiilor.

Pentru a exemplifica în mod concret metodele de determinare a coeficienților, se vor da ecuațiile unor reacții de oxido-reducere.

a) *Oxidarea acidului iodhidric cu acid sulfuric concentrat.* Reacția are loc după schema :

$$HJ + H_2SO_4 \rightarrow J_2 + H_2S.$$

Se determină valența elementelor care participă la oxido-reducere înainte și după reacție și se notează aceasta cu cifre romane, scrise deasupra simbolurilor elementelor :

$$\overset{-I}{H}\overset{}{J} + \overset{}{H_2}\overset{+VI}{S}\overset{}{O_4} \rightarrow \overset{0}{J_2} + \overset{}{H_2}\overset{-II}{S}$$

În urma reacției, valența iodului a crescut de la —1 pînă la 0; prin urmare iodul (ion J^-) s-a oxidat, adică fiecare ion a pierdut cîte un electron în cursul reacției. Valența sulfului a scăzut de la +6 pînă la —2, adică sulful s-a redus. Scăderea valenței sulfului se datorește trecerii electronilor de la ionii J^- la acidul sulfuric. Se poate admite că fiecare atom de sulf, legat covalent cu atomii de oxigen în ionul SO_4'', a adiționat 8 electroni și s-a transformat în ion S^{--}, care intră în compoziția moleculei de hidrogen sulfurat. No-

tînd acest atom cu $\overset{+VI}{S}$, se scriu deplasările de electroni, care se produc în timpul reacției, sub forma următoarelor ecuații electronice *) :

$$\begin{array}{l|l} 8 & J^- - e^- = J \\ 1 & \overset{+VI}{S} + 8e^- = S^{--} \end{array}$$

Deoarece numărul de electroni cedați de ionii de iod, trebuie să fie egal cu numărul de electroni captați de atomii de sulf $\overset{+VI}{S}$, pentru fiecare atom $\overset{+VI}{S}$ trebuie să se ia opt ioni de iod. Prin urmare, pentru o moleculă de H_2SO_4 sînt necesare opt molecule HJ, ceea ce se și arată prin cifrele din stînga ecuațiilor.

În felul acesta, se determină coeficienții pentru oxidant (H_2SO_4) și reducător (HJ). Totodată se deduc și coeficienții pentru substanțele care se obțin în urma oxido-reducerii, deoarece este absolut clar, că din opt molecule de HJ se formează patru molecule de J_2, iar dintr-o moleculă de H_2SO_4 — numai o moleculă de H_2S. Introducînd coeficienții determinați în schema reacției dată mai sus, se obține :

$$8HJ + H_2SO_4 \rightarrow 4J_2 + H_2S.$$

Verificînd numărul atomilor de hidrogen din partea stîngă și dreaptă a schemei, se constată că în partea dreaptă lipsesc opt atomi de hidrogen și patru atomi de oxigen. Rezultă că, în afară de produsele directe, arătate în schemă, se formează și apă. Numărul moleculelor de apă se poate afla din numărul atomilor de hidrogen care lipsesc. Adăugînd în partea dreaptă a schemei patru molecule de apă și înlocuind săgeata cu semnul egalității, se obține :

$$8HJ + H_2SO_4 = 4J_2 + H_2S + 4H_2O.$$

Exactitatea ecuației se verifică numărînd atomii de oxigen din ambele părți.

b) *Reducerea clorurii ferice* $FeCl_3$ *cu clorură stanoasă* $SnCl_2$. Schema acestei reacții este :

$$\overset{+III}{FeCl_3} + \overset{+II}{SnCl_2} \rightarrow \overset{+II}{FeCl_2} + \overset{+IV}{SnCl_4}.$$

---

*) Atomii legați în moleculele substanțelor compuse și în ionii compuși prin legături covalente se notează în carte cu simbolurile elementelor corespunzătoare, scriind deasupra cifra romană, care indică valența elementului (atomului).

Din schema de mai sus rezultă că, în urma reacției, valența fierului scade de la +3 pînă la +2, iar valența staniului crește de la +2 pînă la +4. Prin urmare, fierul (ionii Fe^{+++}) se reduce, iar staniul (ionii Sn^{++}) se oxidează. Evident, acest lucru se întîmplă datorită trecerii electronilor de la ionii de staniu la ionii de fier trivalent. Fiecare ion de staniu Sn^{++} pierde doi electroni, iar fiecare ion de fier Fe^{+++} adiționează un electron. Reprezentînd aceste procese prin ecuații electrice se stabilește (ca și în exemplul precedent) schema redistribuirii electronilor în reacție, cu ajutorul căreia se află coeficienții din ecuația reacției :

$$\begin{array}{c|l} 2 & Fe^{+++} + e^- = Fe^{++} \\ 1 & Sn^{++} - 2e^- = Sn^{++++}, \end{array}$$

Numărul 2 și 1 sînt coeficienții formulelor substanțelor din partea stîngă a ecuației reacției. Cu ajutorul lor se calculează coeficienții pentru partea dreaptă a ecuației. Introducînd coeficienții determinați în schema reacției indicate mai sus și înlocuind săgeata cu semnul egalității, se obține ecuația definitivă a reacției :

$$2FeCl_3 + SnCl_2 = 2FeCl_2 + SnCl_4.$$

Verificarea numărului de atomi din partea dreaptă și partea stîngă arată că ecuația a fost stabilită corect.

Deoarece reacția studiată are loc între electroliți în soluție apoasă, ea poate fi exprimată prin ecuația ionică :

$$2Fe^{\cdot\cdot\cdot} + Sn^{\cdot\cdot} = 2\,Fe^{\cdot\cdot} + Sn^{\cdot\cdot\cdot\cdot}.$$

La verificarea ecuațiilor ionice este necesar să se țină seamă de faptul că, în orice ecuație ionică, nu numai numărul total de atomi sau ioni ai fiecărui element trebuie să fie același în ambele părți ale ecuației, ci și suma algebrică a tuturor sarcinilor din partea stîngă a ecuației trebuie să fie egală cu suma algebrică a sarcinilor din partea dreaptă a ecuației. Astfel, de exemplu, în cazul de față, ecuația este scrisă corect, întrucît $3 \cdot 2 + 2 = 2 \cdot 2 + 4$.

c) *Oxidarea acidului sulfuros cu clor.* Schema acestei reacții :

$$\overset{+IV}{H_2SO_3} + \overset{0}{Cl_2} \rightarrow \overset{+VI}{H_2SO_4} + \overset{-I}{HCl}$$

arată că, în urma reacției, valența sulfului crește de la +4 pînă la +6, iar valența clorului scade de la 0 pînă la —1.

Creșterea valenței se datorește deplasării a doi electroni de la molecula de acid sulfuros la molecula de clor. Se poate

admite, că acești doi electroni sînt cedați de atomul de sulf $\overset{+IV}{S}$ legat covalent cu atomii de oxigen în molecula de H_2SO_3, transformîndu-se în acest caz în atomi de sulf pozitiv hexavalent $\overset{+VI}{S}$, care intră în compoziția moleculei de H_2SO_4. În același timp, atomii de clor, adiționînd fiecare cîte un electron, se transformă în ioni negativi Cl^-.

Exprimînd procesele care au loc prin ecuații electronice se determină cu ajutorul lor coeficienții formulelor oxidantului și reducătorului:

$$\begin{array}{c|c|l} 1 & 2 & \overset{+IV}{S} - 2e^- = \overset{+VI}{S} \\ 1 & 2 & Cl_2 + 2e^- = 2Cl^- \end{array}$$

Aceste ecuații arată că, pentru oxidarea unei molecule de H_2SO_3 este nevoie de o moleculă de Cl_2 și în urma oxido-reducerii se obține o moleculă de H_2SO_4 și două molecule de HCl. Dacă se introduce în schema reacției coeficientul 2 la formula HCl, se obține:

$$H_2SO_3 + Cl_2 \rightarrow H_2SO_4 + 2HCl.$$

Calculînd numărul de atomi de hidrogen în ambele părți ale schemei, se ajunge la concluzia că, în reacție, trebuie să ia parte și o moleculă de apă. Se adaugă aceasta în partea stîngă a schemei, și înlocuind săgeata cu semnul egalității se obține ecuația reacției într-o formă definitivă:

$$H_2SO_3 + Cl_2 + H_2O = H_2SO_4 + 2HCl.$$

Adeseori, la reacțiile de oxido-reducere, oxidantul este un acid oarecare, ale cărui molecule se consumă nu numai la oxidare, ci și la legarea ionilor care se formează în reacție, de exemplu, în cazul oxidării metalelor, la legarea ionilor de metal și la formarea sărurilor. În aceste cazuri, la stabilirea ecuației definitive a reacției, la numărul de molecule de acid, găsit din ecuațiile electronice, trebuie să se adauge un număr corespunzător de molecule, care se consumă la formarea sării.

Se cercetează, de exemplu, următoarea reacție.

d) *Oxidarea magneziului cu acid azotic diluat.* Prin reacția dintre magneziu și acid azotic diluat, ca produse de oxido-reducere sînt azotatul de magneziu $Mg(NO_3)_2$ și protoxidul de azot N_2O. Reacția se desfășoară după schema:

$$\overset{0}{Mg} + H\overset{+V}{N}O_3 \rightarrow \overset{+II+V}{Mg(NO_3)_2} + \overset{+I}{N_2}O.$$

Scanned with OKEN Scanner

Din schemă rezultă că, în urma reacției, magneziul se oxidează deoarece valența lui crește de la 0 pînă la +2, iar azotul se reduce, deoarece valența lui scade de la +5 pînă la +1.

Stabilindu-se ecuațiile electronice pentru procesul de oxidare și procesul de reducere,

$$\begin{array}{c|l} 4 & \overset{0}{Mg} - 2e^- = \overset{+II}{Mg} \\ 2 & \overset{+V}{N} + 4e^- = \overset{+I}{N}. \end{array}$$

se deduce că, pentru oxidarea a patru atomi de magneziu, trebuie să se consume două molecule de acid azotic, care în urma reacției cu magneziu, vor da o moleculă de N_2O. Simultan, trebuie să se obțină și patru molecule de $Mg(NO_3)_2$, pentru formarea cărora sînt necesare opt molecule de acid azotic. Așadar, la reacție vor participa în total zece molecule de HNO_3. Din acestea, numai două molecule se consumă la oxidarea magneziului, deoarece numai doi atomi de azot își micșorează valența de la +5 pînă la +1, iar restul de șase molecule de HNO_3 sînt folosite pentru formarea sării $[Mg(NO_3)_2]$. Introducînd coeficienții găsiți în schema reacției, se obține :

$$4Mg + 10HNO_3 \rightarrow 4Mg(NO_3)_2 + N_2O.$$

În partea stîngă a acestei scheme sînt 10 atomi de hidrogen, iar în partea dreaptă hidrogenul lipsește. De aici se deduce că în reacție, se formează încă cinci molecule de apă. Adăugînd apa la partea dreaptă a schemei se obține ecuația definitivă a reacției :

$$4Mg + 10HNO_3 = 4Mg(NO_3)_2 + N_2O + 5H_2O.$$

Exprimînd reacția studiată în formă ionică, se obține ecuația :

$$4Mg + 10H^{\cdot} + 2NO_3' = 4Mg^{\cdot\cdot} + N_2O + 5H_2O,$$

din care se vede foarte clar, că pentru oxidarea a patru atomi de magneziu se consumă numai doi ioni NO_3', adică două molecule de acid azotic, iar nu zece așa cum se arată în ecuația moleculară.

Calculul sarcinilor pozitive și negative în partea dreaptă și stîngă a ecuației ionice arată că ecuația este scrisă corect ($+10-2=2\cdot 4$).

Un caz particular al reacțiilor de oxido-reducere sînt reacțiile în care atît rolul de oxidant cît și rolul de re-

ducător îl au atomii sau ionii aceluiași element. Un astfel de proces se numește „autooxidare-autoreducere".

e) *Descompunerea acidului azotos* HNO_2 *la cald:*

$$\overset{+III}{H}\overset{+III}{N}O_2 \rightarrow \overset{+V}{H}\overset{+V}{N}O_3 + \overset{+II}{N}O.$$

În această reacție, atomii de azot trivalent $\overset{+III}{N}$ sînt simultan și oxidanți și reducători, adică o parte dintre moleculele de acid azotos au rolul de oxidant, iar altă parte, de reducător. În urma reacției, primele molecule se reduc, transformîndu-se în molecule de NO, iar celelalte se oxidează, formînd molecule de HNO_3.

Se alcătuiește schema obișnuită a deplasării electronilor și cu ajutorul ei se determină coeficienții formulelor oxidantului și reducătorului, care în cazul de față se însumează:

$$3\left\{\begin{array}{l|l} 1 & \overset{+III}{N} - 2e^- = \overset{+V}{N} \\ 2 & \overset{+III}{N} + e^- = \overset{+II}{N}. \end{array}\right.$$

Această schemă arată că, pentru stabilirea ecuației reacției, sînt necesare trei molecule de HNO_2 și două molecule de NO:

$$3HNO_2 \rightarrow HNO_3 + 2NO.$$

Verificînd numărul atomilor de hidrogen în ambele părți ale acestei scheme, se constată că în urma reacției trebuie să se formeze și o moleculă de apă. Prin urmare, ecuația definitivă a reacției va fi:

$$3HNO_2 = HNO_3 + 2NO + H_2O.$$

Cele mai complicate sînt reacțiile de oxido-reducere în care sînt supuși oxidării și reducerii, simultan, nu numai atomii sau ionii unui singur element, ci a două sau mai multe elemente.

Pentru exemplificare se dă reacția de mai jos.

f) *Oxidarea trisulfurii de arsen* As_2S_3 *cu acid azotic:*

$$\overset{+III}{As}_2\overset{-II}{S}_3 + \overset{+V}{H}\overset{+V}{N}O_3 \rightarrow \overset{+V}{H}_3\overset{+V}{As}O_4 + \overset{+VI}{H}_2\overset{+VI}{S}O_4 + \overset{+II}{N}O.$$

În această reacție se oxidează, simultan, arsenul și sulful care intră în compoziția As_2S_3. Valența arsenului crește de la +3 pînă la +5, iar valența sulfului de la —2 pînă la + 6.

Scanned with OKEN Scanner

Oxidantul este azotul $\overset{+V}{N}$ din acidul azotic, a cărui valenţă scade de la +5 pînă la +2 (în oxidul de azot).

Schema deplasării electronilor este :

$$\begin{array}{r|l} 3 & \begin{cases} \overset{+III}{2\,As} - 4e^- = \overset{+V}{2\,As} \\ \overset{-II}{3\,S} - 24e^- = \overset{+VI}{3S} \end{cases} \\ 28 & \overset{+V}{N} + 3e^- = \overset{+II}{N}. \end{array}$$

Fiecare moleculă de As_2S_3, adică doi atomi $\overset{+III}{As}$ şi trei atomi $\overset{-II}{S}$, pierd împreună 28 electroni*), iar molecula de HNO_3 adiţionează trei electroni. Aşadar, la fiecare trei molecule de As_2S_3 se consumă 28 molecule de HNO_3 şi se vor forma şase molecule de H_3AsO_4, nouă molecule de H_2SO_4 şi 28 molecule de NO. După introducerea coeficienţilor, astfel determinaţi, în schema reacţiei, se obţine :

$$3As_2S_3 + 28HNO_3 \rightarrow 6H_3AsO_4 + 9H_2SO_4 + 28NO.$$

Numărînd atomii de hidrogen din partea stîngă şi din cea dreaptă a schemei, se constată că în reacţie intră şi patru molecule de apă, care trebuie adăugate la partea stîngă a schemei pentru a o transforma în ecuaţia reacţiei :

$$3As_2S_3 + 28HNO_3 + 4H_2O = 6H_3AsO_4 + 9H_2SO_4 + 28NO.$$

PROBLEME

571. Să se arate care dintre procesele de mai jos sînt de oxidare şi care de reducere :

$Cl \rightarrow Cl^-$ $\quad$ $S^{--} \rightarrow S$ $\quad$ $Na \rightarrow Na^+$

$Sn^{++} \rightarrow Sn^{++++}$ $\quad$ $Ni \rightarrow Ni^{++}$ $\quad$ $Fe^{+++} \rightarrow Fe^{++}$

572. Să se indice, care dintre reacţiile enumerate mai jos sînt de oxido-reducere. Răspunsurile trebuie să fie motivate.

$$HNO_3 + KOH = KNO_3 + H_2O;$$
$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4;$$
$$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2;$$
$$FeCl_3 + 3NaOH = \downarrow Fe(OH)_3 + 3NaCl.$$

*) Pentru a se determina în mod corect coeficienţii ecuaţiilor electronice, este necesar a se lua atîţia atomi sau ioni din fiecare element, cîţi există în molecula substanţei oxidante sau reducătoare.

Scanned with OKEN Scanner

573. Să se indice pentru reacțiile enumerate mai jos: a) care elemente își schimbă valența în urma reacției; b) care substanțe (și care anume dintre ionii care intră în compoziția lor) sînt oxidante sau reducătoare:

$$SO_2 + Br_2 + 2H_2O = 2HBr + H_2SO_4;$$
$$H_2SO_4 + Mg = MgSO_4 + H_2;$$
$$SnCl_2 + HgCl_2 = SnCl_4 + Hg.$$

574. Să se studieze reacțiile de oxido-reducere arătate mai jos și să se indice, pentru fiecare dintre ele, deplasarea electronilor de care sînt însoțite. Să se arate care sînt oxidanții și care sînt reducătorii.

$$4NH_3 + 3O_2 = 6H_2O + 2N_2:$$
$$3P + 5HNO_3 + 2H_2O = 3H_3PO_4 + 5NO;$$
$$Zn + 2H_2O + NaOH = Na[Zn(OH)_3] + H_2;$$
$$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2.$$

575. Să se stabilească ecuațiile electronice pentru procesele de oxidare și de reducere din fiecare reacție arătată mai jos și să se indice oxidantul și reducătorul:

$$2AsH_3 + 3O_2 = As_2O_3 + 3H_2O;$$
$$C + 2H_2SO_4 = CO_2 + 2SO_2 + 2H_2O;$$
$$HClO_3 + 3H_2SO_3 = 3H_2SO_4 + HCl;$$
$$2FeCl_3 + H_2S = 2FeCl_2 + S + 2HCl.$$

576. Să se stabilească ecuațiile electronice pentru procesele de oxidare și de reducere, arătîndu-se rolul atomilor și rolul ionilor de hidrogen în următoarele reacții:

$$2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2;$$
$$Fe_2O_3 + 3H_2 = 2Fe + 3H_2O;$$
$$O_2 + 2H_2 = 2H_2O;$$
$$Ca + 2H_2O = Ca(OH)_2 + H_2.$$

577. Să se arate dacă oxigenul joacă rol de oxidant sau de reducător, în următoarele reacții:

$$2Au_2O_3 = 4Au + 3O_2;$$
$$2F_2 + 2H_2O = 4HF + O_2;$$
$$2KClO_3 = 3KCl + 3O_2.$$

Să se indice deplasările de electroni care însoțesc aceste reacții.

578. Ținînd seama de structura atomilor, să se arate dacă, și în ce condiții, pot să joace rolul de oxidant: a) atomii de sodiu; b) ionii de sodiu; c) ionii de oxigen; d) atomii de iod; e) ionii de aluminiu. Să se motiveze răspunsurile.

579. Ținînd seama de structura atomilor, să se arate dacă pot figura în reacții, în calitate de reducători, următorii ioni:

$$Sn^{2+}, Cl^-, Ag^+, Al^{3+}, Zn^{2+}, Ti^{3+},$$

Răspunsurile trebuie să fie justificate.

580. Să se arate care dintre ionii de mai jos pot să joace în reacții rolul de oxidanți și care dintre ei nu pot, și de ce :

$$Ag^{+}, Cu^{++}, S^{--}, Cr^{+++}, Br^{-}.$$

581. Să se scrie ecuațiile complete ale reacțiilor care se desfășoară după schemele :

$$HClO_4 + H_2SO_3 \rightarrow HCl + H_2SO_4 ;$$
$$BiCl_3 + SnCl_2 \rightarrow Bi + SnCl_4 ;$$
$$As_2O_3 + HNO_3 + H_2O \rightarrow H_3AsO_4 + NO ;$$
$$K_2Cr_2O_7 + KJ + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + J_2 + H_2O.$$

Pentru fiecare reacție se va indica : a) ce se oxidează și ce se reduce ; b) care substanță (și care anume dintre ionii sau atomii care intră în compoziția ei) este oxidant și care este reducător ; c) cum se schimbă valența oxidantului și valența reducătorului în urma reacției.

* **582.** Să se stabilească ecuațiile complete ale reacțiilor următoare :

$$Zn + Pb(NO_3)_2 \rightarrow Pb + Zn(NO_3)_2 ;$$
$$S + HNO_3 \rightarrow H_2SO_4 + NO ;$$
$$Cr_2O_3 + KNO_3 + KOH \rightarrow K_2CrO_4 + KNO_2 + H_2O.$$

* **583.** Să se scrie ecuațiile complete ale reacțiilor următoare :

$$FeSO_4 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + MnSO_4 + H_2O ;$$
$$AsH_3 + HNO_3 \rightarrow H_3AsO_4 + NO_2 + H_2O ;$$
$$H_2S + O_2 \rightarrow SO_2 + H_2O.$$

* **584.** Să se stabilească ecuațiile complete ale reacțiilor următoare :

$$Br_2 + HClO + H_2O \rightarrow HBrO_3 + HCl ;$$
$$FeSO_4 + HNO_3 + H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + NO + H_2O ;$$
$$PbO_2 + HCl \rightarrow PbCl_2 + Cl_2 + H_2O.$$

*** **585.** Să se scrie ecuațiile complete ale reacțiilor următoare:

$$J_2 + Cl_2 + H_2O \rightarrow HJO_3 + HCl ;$$
$$K_2Cr_2O_7 + H_2S + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + S + H_2O ;$$
$$CuS + HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + H_2SO_4 + NO_2 + H_2O.$$

* **586.** Să se stabilească ecuațiile complete ale reacțiilor următoare.

$$H_2S + H_2SO_3 \rightarrow S + H_2O ;$$
$$MnO_2 + KClO_3 + KOH \rightarrow K_2MnO_4 + KCl + H_2O ;$$
$$Fe + HNO_3 \rightarrow Fe(NO_3)_3 + NO + H_2O.$$

---

*) La rezolvarea problemelor însemnate cu o steluță, să se răspundă la toate întrebările puse la problema 581.

Scanned with OKEN Scanner

* 587. Să se scrie ecuațiile complete ale următoarelor reacții:

$$K_2MnO_4 + H_2O \rightarrow KMnO_4 + MnO_2 + KOH;$$
$$Cu_2S + HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + H_2SO_4 + NO + H_2O;$$
$$Zn + HNO_3 \rightarrow Zn(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + H_2O.$$

* 588. Să se stabilească ecuațiile complete ale reacțiilor următoare:

$$KOH + Br_2 \rightarrow KBrO_3 + KBr + H_2O;$$
$$CaH_2 + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + H_2;$$
$$Fe(CrO_2)_2 + K_2CO_3 + O_2 \rightarrow Fe_2O_3 + K_2CrO_4 + CO_2.$$

* 589. Să se stabilească ecuațiile complete ale reacțiilor următoare:

$$H_2S + HJO_3 \rightarrow S + J_2 + H_2O;$$
$$FeSO_4 + HJO_3 + H_2SO_4 \rightarrow J_2 + Fe_2(SO_4)_3 + H_2O;$$
$$KMnO_4 + HNO_2 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + HNO_3 + K_2SO_4 + H_2O.$$

---

*) La rezolvarea problemelor însemnate cu o steluță, să se răspundă la toate întrebările puse în problema 581.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL XVI

PROCESELE CHIMICE ŞI CURENTUL ELECTRIC

1. Seria tensiunilor

Dacă se aşază metalele şi hidrogenul într-un şir, în ordinea activităţii lor descrescînde (după proprietatea din ce în ce mai puţin accentuată de a ceda electronii), se obţine aşa-numita *serie a tensiunilor* metalelor. Pentru metalele mai importante, această serie are aspectul următor :

$K/K^{\cdot}$,	$Na/Na^{\cdot}$,	$Ca/Ca^{\cdot\cdot}$,	$Mg/Mg^{\cdot\cdot}$,	$Al/Al^{\cdot\cdot\cdot}$,	$Mn/Mn^{\cdot\cdot}$,
—2,92	—2,71	—2,84	—2,38	—1,66	—1,05

$Zn/Zn^{\cdot\cdot}$,	$Fe/Fe^{\cdot\cdot}$,	$Ni/Ni^{\cdot\cdot}$,	$Sn/Sn^{\cdot\cdot}$,	$Pb/Pb^{\cdot\cdot}$,
—0,76	—0,44	—0,23	—0,14	—0,13

$H_2/H^{\cdot}$,	$Bi/Bi^{\cdot\cdot\cdot}$,	$Cu/Cu^{\cdot\cdot}$,	$Hg/Hg^{\cdot\cdot}$,	$Ag/Ag^{\cdot}$,	$Au/Au^{\cdot\cdot\cdot}$.
±0	+0,28	+0,34	+0,79	+0,80	+1,42

Numerele care se găsesc sub simbolurile metalelor reprezintă potenţialele normale ale metalelor, în volţi, raportate la electrodul normal de hidrogen, al cărui potenţial este luat egal cu zero. Ele se iau cu semnul minus, dacă potenţialul este mai mic decît potenţialul electrodului de hidrogen, şi cu semnul plus, dacă este mai mare.

Seria tensiunilor dă multe indicaţii importante în privinţa comportării chimice a metalelor.

1. Fiecare metal din această serie „deplasează" toate metalele care urmează după el din soluţiile sărurilor lor, adică reduce ionii acestora în atomi electroneutri, cedîndu-le electroni şi transformîndu-se el însuşi în ion.

2. Numai metalele care se găsesc în seria tensiunilor la stînga hidrogenului, pot deplasa hidrogenul din soluţiile acizilor (de exemplu, Zn, Fe, Sn, însă nu Cu, Hg).

3. Cu cît un metal se găsește mai la stînga în seria tensiunilor, adică cu cît este mai mic potențialul lui, cu atît el este mai activ și cu atît mai ușor cedează electroni (se oxidează) și cu atît mai greu, ionii lui adiționează iarăși electroni (se reduc).

2. Elementele galvanice

Două metale cufundate în soluțiile sărurilor lor și care comunică între ele printr-un perete despărțitor poros, sau cu ajutorul unui sifon umplut cu electrolit, formează un element galvanic. Plăcile de metal, cufundate în soluții, se numesc electrozii elementului.

Dacă unim capetele exterioare ale electrozilor (polii elementului) cu ajutorul unei sîrme, electronii metalului a cărui valoare algebrică a potențialului este mai mică, încep să se deplaseze către metalul, la care aceasta este mai mare (de exemplu, de la Zn la Ni, de la Ni la Cu etc.). Deplasarea electronilor distruge echilibrul existent între metal și ionii lui de soluție, și provoacă trecerea unor noi cantități de ioni ai metalului în soluție — metalul se dizolvă treptat. În același timp, electronii care trec la celălalt metal, descarcă la suprafața lui ionii care se găsesc în soluție, și metalul se elimină din soluție. Primul metal este electrodul negativ al elementului, iar cel de-al doilea, electrodul pozitiv. Electrodul negativ al unui element galvanic se numește anod, iar cel pozitiv, catod.

Astfel, într-un element galvanic închis, se produce reacția dintre metal și soluția sărurilor unui alt metal, care însă nu vine în contact direct cu celălalt. Atomii primului metal cedînd electroni, se transformă în ioni, iar ionii metalului al doilea, adiționînd electroni, se transformă în atomi. Primul metal „elimină" pe cel de-al doilea din soluția sărurilor sale. De exemplu, în funcționarea elementului galvanic format din zinc și plumb, cufundate în soluțiile de $Zn(NO_3)_2$ și $Pb(NO_3)_2$, se produc la electrozi următoarele procese :

$$Zn - 2e^- = Zn^{\cdot\cdot},$$

$$Pb^{\cdot\cdot} + 2e^- = Pb.$$

Însumînd ambele procese, se obține ecuația :

$$Zn + Pb^{\cdot\cdot} = Pb + Zn^{\cdot\cdot}.$$

Scanned with OKEN Scanner

care exprimă sub formă ionică reacția care se produce în element. Ecuația moleculară a aceleiași reacții va avea aspectul :

$$Zn + Pb(NO_3)_2 = Pb + Zn(NO_3)_2.$$

Forța electromotoare a elementului galvanic este egală cu diferența potențialelor celor doi electrozi. La determinarea ei, se scade întodeauna potențialul celui mai mic din potențialul cel mai mare. De exemplu, forța electromotoare (E) a elementului studiat mai sus este :

$$E = -0{,}13 - (-0{,}76) = 0{,}63 \text{ volți}.$$

Forța electromotoare va avea această valoare cu condiția ca metalele să fie cufundate în soluții a căror concentrații a ionilor sînt egale cu un ion-gram la litru. La alte concentrații ale soluțiilor, valorile potențialelor electrodice vor fi diferite. Ele se pot calcula cu formula :

$$E = E_0 + \frac{0{,}058}{n} \lg c,$$

în care E este potențialul căutat al metalului, în volți; E_0 — potențialul lui normal; n — valența ionilor metalului; c — concentrația ionilor din soluție, exprimată în ioni-gram la litru.

Exemplu. Să se determine forța electromotoare a elementului format de către un electrod de zinc cufundat în soluție 0,1 m de $Zn(NO_3)_2$ și un electrod de plumb cufundat în soluție 2 m de $Pb(NO_3)_2$.

Rezolvare. Se calculează potențialul electrodului de zinc:

$$E_{Zn} = -0{,}76 + \frac{0{,}058}{2} \lg 0{,}1 = -0{,}76 +$$
$$+ 0{,}029 \cdot (-1) = -0{,}79 \text{ volți}.$$

Se calculează potențialul electrodului de plumb:

$$E_{Pb} = -0{,}13 + \frac{0{,}058}{2} \lg 2 = -0{,}13 +$$
$$+ 0{,}029 \cdot 0{,}3010 = -0{,}12 \text{ volți}.$$

Se determină apoi forța electromotoare a elementului :

$$E = -0{,}12 - (-0{,}79) = 0{,}67 \text{ volți}.$$

Scanned with OKEN Scanner

PROBLEME

590. Niște plăci de nichel sînt cufundate în soluții de :

$MgSO_4$, $NaCl$, $CuSO_4$, $AuCl_3$, $ZnCl_2$, $Pb(NO_3)_2$.

Cu care dintre săruri va reacționa nichelul? Să se scrie ecuațiile reacțiilor în formă moleculară și ionică.

591. În șase eprubete s-au turnat următoarele soluții :

$MgSO_4$, $HgCl_2$, $CuSO_4$, $Al_2(SO_4)_3$, $AgNO_3$, $SnCl_2$.

În fiecare eprubetă s-a aruncat cîte o bucățică de zinc. În care eprubete se vor produce reacții? Să se exprime aceste reacții prin ecuații moleculare și ionice.

592. Care dintre următoarele substanțe, luate două cîte două, vor reacționa între ele ?

$Fe + HCl$;	$Zn + MgSO_4$;
$Ag + Cu(NO_3)_2$;	$Hg + AgNO_3$;
$Cu + HCl$;	$Mg + NiCl_2$.

Să se exprime reacțiile care se produc, prin ecuații moleculare și ionice.

593. Să se arate care dintre următoarele substanțe, luate două cîte două, dau reacții de înlocuire :

$Ag + HF$;	$Sn + HCl$;
$Zn + MgCl_2$;	$Sn + Ag_2SO_4$;
$Cu + HgCl_2$;	$Hg + HCl$.

Să se scrie ecuațiile moleculare și ionice ale reacțiilor care au loc.

594. O placă de fier a fost cufundată într-o soluție de sulfat de de cupru. Cînd placa s-a acoperit cu un strat de cupru ea a fost scoasă din soluție, spălată, uscată și cîntărită. Greutatea ei s-a mărit cu 2 g. Cîte grame de cupru s-au depus pe placă?

595. Într-o soluție de clorură mercurică $HgCl_2$ s-a cufundat o placă de cupru cu o greutate de 50 g. După terminarea reacției, placa a fost scoasă din soluție, spălată, uscată și cîntărită. Greutatea ei a fost egală cu 52,74 g. Cîte grame $HgCl_2$ au fost în soluție ?

596. Două plăci de nichel și cadmiu au fost cufundate într-o soluție de acid sulfuric. La unirea capetelor exterioare ale plăcilor cu o sîrmă, s-a observat că la suprafața plăcii de nichel a început să se degaje hidrogen. Se poate oare deduce care dintre metalele luate este situat în seria tensiunilor mai la stînga? Să se scrie ecuația reacției care are loc.

597. În ce direcție se vor deplasa electronii pe sîrma care unește polii următoarelor elemente :

$Mg/Mg(NO_3)_2 - Pb/Pb(NO_3)_2$;

$Pb/Pb(NO_3)_2 - Cu/Cu(NO_3)_2$;

$Cu/Cu(NO_3)_2 - Ag/AgNO_3$.

Care metal se dizolvă în fiecare dintre cazurile arătate ?

Scanned with OKEN Scanner

598. Să se formeze două elemente galvanice, avînd într-unul cuprul drept catod, iar în celălalt drept anod. Să se scrie ecuaţia reacţiilor care au loc la funcţionarea acestor elemente, arătîndu-se aproximativ valorile forţelor lor electromotoare.

599. Un element galvanic este format din plăci de magneziu şi de fier, cufundate în soluţiile molare ale sărurilor lor. Să se determine forţa electromotoare a elementului. Care dintre metale se consumă prin funcţionarea elementului? Să se exprime prin ecuaţii moleculare şi ionice reacţia care are loc în acest caz.

600. Cum se poate realiza reacţia de eliminare a cuprului din soluţia de $CuSO_4$ cu ajutorul fierului, fără a cufunda fierul în această soluţie ?

601. O placă de fier cufundată în acid clorhidric provoacă degajarea lentă a hidrogenului, iar dacă se pune în contact cu o sîrmă de cupru, ea se acoperă imediat cu bule de hidrogen. Să se explice acest fenomen. Care metal trece în acest caz în soluţie ?

602. Un element galvanic este format dintr-un electrod de argint cufundat într-o soluţie 1 m de $AgNO_3$ şi un electrod normal de hidrogen. Ce procese chimice vor avea loc la electrozii acestui element în timpul funcţionării? Să se determine forţa electromotoare a elementului galvanic.

603. Plăcile de fier şi de zinc, fiind cufundate fiecare separat în acid sulfuric diluat, se dizolvă în el cu degajare de hidrogen. Să se arate dacă se va schimba aspectul degajării hidrogenului în caz că se cufundă amîndouă plăcile simultan în vasul cu acid şi se unesc capetele lor cu o sîrmă. Se vor dizolva amîndouă? La suprafaţa căreia dintre ele se va elimina hidrogenul? Să se dea un răspuns motivat.

604. Doi electrozi de zinc sînt cufundaţi unul într-o soluţie diluată de $ZnSO_4$, iar celălalt într-o soluţie concentrată a aceleiaşi sări. Soluţiile comunică între ele printr-un tub umplut cu o soluţie de Na_2SO_4. Dacă se unesc capetele exterioare ale electrozilor printr-o sîrmă, ia naştere curentul electric. Să se explice cauza apariţiei curentului electric şi să se exprime procesele care au loc la electrozi prin ecuaţiile electronice.

605. Ce procese chimice au loc la electrozii unui element galvanic, care este format din plăci de cupru şi de argint, cufundate în soluţii de $Cu(NO_3)_2$ şi $AgNO_3$? Să se calculeze valoarea f.e.m. a acestui element.

606. Să se calculeze forţa electromotoare a elementului format de un electrod de nichel, cufundat în soluţie 0,1 m de $NiSO_4$, şi de un electrod de cupru, cufundat într-o soluţie 0,2 m de $CuSO_4$, considerînd disocierea sărurilor completă. Să se exprime prin ecuaţii moleculare şi ionice reacţia care are loc la funcţionarea curentului.

607. Ce procese se vor produce la catodul şi la anodul elementului galvanic format din plăci de aluminiu şi argint, care sînt cufundate, prima în soluţie 0,01 m a unei sări de aluminiu, iar a doua într-o soluţie 2 m de $AgNO_3$? Care va fi forţa electromotoare a acestui element, considerînd că sărurile sînt disociate complet ?

608. Considerînd potenţialul normal al electrodului de hidrogen egal cu zero, să se calculeze potenţialul electrolitului de hidrogen, cufundat în apă pură.

Scanned with OKEN Scanner

609. Forța electromotoare a elementului format din electrozi de cupru și de plumb, cufundați în soluțiile molare ale sărurilor corespunzătoare, este 0,47 V. Se va schimba oare valoarea forței electromotoare dacă se ia o soluție 0,001 m ? Să se confirme răspunsul prin calcul.

610. În ce direcție se vor deplasa electronii pe sîrma care unește polii elementului format dintr-un electrod de staniu, cufundat într-o soluție molară de $SnCl_2$ și un electrod de hidrogen cufundat într-o soluție care conține 10^{-4} ioni-gram de hidrogen la litru? Care electrod al acestui element va fi negativ ?

3. Electroliza

Procesul de descompunere al unei substanțe cu ajutorul curentului electric se numește electroliză.

Electroliza constă în faptul că la trecerea curentului prin soluția unui electrolit (sau printr-un electrolit topit), ionii încărcați pozitiv se îndreaptă spre catod, iar cei încărcați negativ, spre anod. Ajungînd la electrozi, ionii se descarcă, iar ca rezultat, la electrozi se elimină componenții electrolitului dizolvat, sau hidrogenul și oxigenul din apă.

Pentru transformarea diferiților ioni în atomi neutri sau în grupe de atomi este necesară o anumită tensiune de curent. Unii ioni își pierd mai ușor sarcina lor, alții mai greu. Gradul de ușurință cu care se descarcă ionii metalelor (sau se captează electroni) se determină cu ajutorul poziției metalelor în seria tensiunilor. Cu cît metalul este așezat mai spre stînga în seria tensiunilor, cu atît este mai mare potențialul lui negativ, sau mai mic potențialul pozitiv, și cu atît mai greu, celelalte condiții fiind egale, se descarcă ionii lui. Astfel, dintre ionii metalelor care se găsesc în seria tensiunilor, arătată mai sus, cel mai ușor se descarcă ionii Au^{+++}, apoi Ag^{+} etc. și cel mai greu dintre toți, ionii K^{+}.

Dacă se găsesc în soluție, simultan, ionii a două sau mai multe metale, în primul rînd se descarcă ionii metalului al cărui potențial negativ este mai mic (sau — pozitiv este mai mare). De exemplu, din soluția care conține ionii Zn^{++} și Cu^{++} în primul rînd se depune cupru metalic. Valoarea potențialului unui metal, după cum se știe, variază în funcție de concentrația ionilor lui din soluție; asemănător va varia și ușurința descărcării ionilor fiecărui metal, în funcție de concentrația lor: creșterea concentrației ușurează descărcarea ionilor, iar micșorarea ei îngreuiază această descărcare. De aceea, la electroliza soluției care conține ionii

Scanned with OKEN Scanner

cîtorva metale, se poate întîmpla ca eliminarea metalului mai activ să se producă mai repede decît eliminarea celui mai puțin activ (dacă concentrația ionilor primului metal este mare, iar a celui de-al doilea este foarte mică).

În soluțiile apoase ale sărurilor, afară de ionii sărurilor, există totdeauna și ionii apei ($H^{\cdot}$ și OH'). Dintre aceștia, ionii de hidrogen ar trebui să se descarce mai ușor decît ionii tuturor metalelor situate în seria tensiunilor înaintea hidrogenului. Totuși, datorită concentrației infime a ionilor de hidrogen, la electroliza tuturor sărurilor, în afară de sărurile metalelor cele mai puțin active, la catod are loc depunerea metalului și nu degajarea hidrogenului. Numai la electroliza sărurilor de sodiu, calciu și a altor metale (pînă la la aluminiu inclusiv) se descarcă ionii de hidrogen și se degajă hidrogenul.

La anod se pot descărca resturile acide sau ionii hidroxil ai apei.

Dacă resturile acide nu conțin oxigen (de exemplu, ionii Cl', S'', CN' etc.), atunci, se vor descărca de obicei tocmai acești ioni și nu ionii hidroxil care-și pierd sarcina lor mult mai greu, astfel că la anod se separă Cl_2, S etc. Dimpotrivă, dacă se supun electrolizei sărurile acizilor oxigenați sau chiar acidul însuși, atunci se vor descărca ionii hidroxil și nu resturile acide.

Grupa neutră OH, formată prin descărcarea ionilor hidroxil, se descompune imediat după ecuația :

$$4OH = 2H_2O + O_2.$$

Ca rezultat, la anod se degajă, oxigenul.

Toate cele arătate mai sus sînt ilustrate prin exemplele care urmează.

a) *Electroliza unei soluții de clorură de nichel* $NiCl_2$. Soluția conține ionii $Ni^{\cdot\cdot}$ și Cl' și, de asemenea, în concentrație infimă, ionii $H^{\cdot}$ și OH'. La trecerea curentului, ionii $Ni^{\cdot\cdot}$ se îndreaptă spre catod, iar ionii Cl' spre anod. Luînd de la catod cîte doi electroni, ionii $Ni^{\cdot\cdot}$ se transformă în atomi neutri care se separă din soluție. Catodul se acoperă treptat cu nichel.

Ionii de clor, ajungînd la anod, cedează acestuia electronii și se transformă în atomi de clor, care, unindu-se cîte doi, formează molecule de clor. La anod se degajă clor.

Scanned with OKEN Scanner

Schematic, procesul electrolizei $NiCl_2$ se poate reprezenta astfel :

$$\overset{NiCl_2}{\overbrace{\text{Catod} \leftarrow Ni^{\cdot\cdot} \quad 2Cl' \rightarrow \text{Anod}}}$$

$$Ni^{\cdot\cdot} + 2e^- = \boxed{Ni} \qquad 2Cl' - 2e^- = 2Cl$$

$$2Cl \rightarrow \boxed{Cl_2}$$

Astfel, la catod are loc *procesul de reducere,* iar la anod *procesul de oxidare.*

b) *Electroliza unei soluții de iodură de potasiu* KJ. Iodura de potasiu se găsește în soluție ca ioni $K^{\cdot}$ și J'. La trecerea curentului, ionii $K^{\cdot}$ se îndreaptă spre catod, ionii J' spre anod. Dar cum potasiul este așezat în seria tensiunilor mult mai la stînga hidrogenului, la catod, nu se vor depune ionii de potasiu, ci se vor degaja ionii de hidrogen din apă. Atomii de hidrogen care se formează se unesc în molecula H_2 și, astfel, la catod se degajă hidrogen.

Pe măsura descărcării ionilor de hidrogen, se disociază noi molecule de apă, ceea ce face ca la catod să se acumuleze ioni de hidroxil (care provin din moleculele de apă) și, de asemenea, ioni $K^{\cdot}$ care se îndreaptă continuu spre catod. Se formează o soluție de KOH.

La anod are loc degajarea iodului, deoarece ionii J' se descarcă mai ușor ca ionii hidroxizil ai apei :

$$\overset{KJ}{\overbrace{\text{Catod} \leftarrow K^{\cdot} \qquad J' \rightarrow \text{Anod}}}$$

$$J' - e^- = J$$

$$2J \rightarrow \boxed{J_2}$$

$$H_2O \rightleftarrows \begin{cases} \boxed{K^{\cdot}} \\ \boxed{OH'} \\ H^{\cdot} \end{cases}$$

$$H^{\cdot} + e^- = H$$

$$2H \rightarrow \boxed{H_2}$$

c) *Electroliza unei soluții de sulfat de sodiu* Na_2SO_4. Soluția conține ionii $Na^{\cdot}$, SO_4'' și ionii $H^{\cdot}$ și OH' ai apei. Deoarece ionii $Na^{\cdot}$ se descarcă mai greu decît ionii $H^{\cdot}$, iar ionii SO_4'' — mai greu decît ionii OH', prin trecerea curentului, la catod (ca și în cazul anterior) se vor descărca ionii de hidro-

gen, iar la anod ionii de hidroxil, adică de fapt are loc *electroliza apei.*

În același timp, ca urmare a descărcării ionilor de hidrogen și hidroxil ai apei și a migrării continue a ionilor $Na^{\cdot}$ la catod și a ionilor SO_4'' la anod, se formează la catod o soluție de hidroxid alcalin (NaOH), iar la anod — o soluție de acid (H_2SO_4):

$$\overset{-}{\text{Catod}} \xleftarrow{Na_2SO_4} \overset{+}{\text{Anod}}$$

$$2Na^{\cdot} \qquad SO_4''$$

$$2H_2 \leftarrow \begin{cases} \boxed{2Na^{\cdot}} \\ \boxed{2OH'} \\ 2H^{\cdot} \end{cases} \qquad \begin{cases} \boxed{SO_4''} \\ \boxed{2H^{\cdot}} \\ 2OH' \end{cases} \rightarrow 2H_2O$$

$$2H^{\cdot} + 2e^{-} = 2H \qquad 2OH' - 2e^{-} = H_2O + O$$

$$4H \rightarrow \boxed{2H_2} \qquad 2O \rightarrow \boxed{O_2}$$

Procesul electrolizei are loc în mod deosebit atunci cînd anodul este confecționat din metalul a cărui sare se găsește în soluție. În acest caz, la anod nu se descarcă nici un fel de ioni, ci însuși anodul se dizolvă treptat, trimițînd ioni în soluție și cedînd electroni sursei de curent.

Ca exemplu, se poate da *electroliza soluției de sulfat de cupru* $CuSO_4$ *cu anod de cupru.*

$$\overset{-}{\text{Catod}} \xleftarrow{CuSO_4} \overset{+}{\text{Anod (Cu)}}$$

$$Cu^{\cdot\cdot} \qquad SO_4''$$

$$Cu^{\cdot\cdot} + 2e^{-} = \boxed{Cu} \qquad Cu - 2e^{-} = \boxed{Cu^{\cdot\cdot}}$$

Întregul proces se rezumă la depunerea cuprului pe catod și dizolvarea treptată a anodului. Cantitatea $CuSO_4$ din soluție rămîne constantă.

4. Legile electrolizei

Fenomenele electrolizei se supun legilor stabilite de fizicianul englez Faraday, în deceniul al patrulea al secolului al XIX-lea.

Cantitatea de substanţă care se separă în timpul electrolizei este direct proporţională cu cantitatea de electricitate care a trecut prin soluţie (legea întîi):

$$g = k \cdot Q,$$

în care g este cantitatea de substanţă care se separă; k — coeficientul de proporţionalitate, numit *echivalent electrochimic* al substanţei; Q — cantitatea de electricitate trecută (în coulombi).

Din formulă rezultă că echivalentul electrochimic este acea cantitate de subştanţă care este pusă în libertate de către un coulomb sau, ceea ce este acelaşi lucru, de un curent cu intensitate de un amper pe secundă *).

Cantităţi egale de electricitate separă din diferiţi compuşi chimici cantităţi echivalente de substanţă (legea a doua).

Pentru separarea unui echivalent-gram din orice substanţă, trebuie să treacă prin soluţie

96 500 coulombi**).

Cunoaşterea acestei valori dă posibilitatea de a face o serie de calcule importante legate de procesul electrolizei, cum sînt: 1) calcularea cantităţii de substanţă care se separă sau este descompusă de o cantitate de electricitate determinată; 2) aflarea intensităţii curentului, cunoscînd cantitatea de substanţă care se separă şi timpul în care se produce această separare; 3) stabilirea timpului necesar pentru separarea unor cantităţi determinate de substanţă la o anumită intensitate de curent.

Exemplul 1. Cîte grame de cupru se separă la catod la trecerea printr-o soluţie de sulfat de cupru $CuSO_4$ a unui curent cu intensitatea 5 A timp de 20 min?

Rezolvare. Se determină cantitatea de electricitate care a trecut prin soluţie:

$$Q = I \cdot t,$$

---

*) Intensitatea curentului electric se măsoară prin canitatea de electricitate care trece prin secţiunea transversală a unui conductor în timp de o secundă. Ca unitate se ia intensitatea acelui curent care trece în timp de o secundă o cantitate de electricitate egală cu un coulomb. Această unitate se numeşte amper 1 A = 1 C/s.

**) Cantitatea de electricitate ce trece printr-un conductor într-o oră, la o intensitate a curentului de un amper, se numeşte *amper-oră*; 96 500 C reprezintă 26,8 amperi-ore.

Scanned with OKEN Scanner

în care I este intensitatea curentului în amperi; t — timpul în secunde.

După datele problemei, $I=5$ A, $t=20$ min sau 1 200 s, de unde:

$$Q = 5 \cdot 1\,200 = 6\,000 \text{ C}.$$

Echivalentul cuprului (greutate atomică 63,54) este $63{,}54 : 2 = 31{,}77$. Deci, 96 500 C separă 31,77 g cupru. Cantitatea căutată de cupru este:

$$g = \frac{31{,}77 \cdot 6\,000}{96\,500} = 1{,}975 \text{ g}.$$

Exemplul 2. Cît timp trebuie să treacă un curent de 10 A prin soluția unui acid, pentru a se obține 5,6 l hidrogen la 0° și 760 mm?

Rezolvare. Se calculează cantitatea de electricitate, care trebuie să treacă prin soluție pentru a se degaja 5,6 l hidrogen. Echivalentul-gram al hidrogenului ocupă în condiții normale volumul de 11,2 l. Prin urmare, cantitatea căutată de electricitate va fi:

$$Q = \frac{96\,500 \cdot 5{,}6}{11{,}2} = 48\,250 \text{ C}.$$

Se determină apoi timpul de trecere al curentului:

$$t = \frac{Q}{I} = \frac{48\,250}{10} = 4\,825 \text{ s} = 1 \text{ h}, 20 \text{ min}, 25 \text{ s}.$$

Exemplul 3. La trecerea curentului electric prin soluția unei sări de argint se depune la catod în 10 min, 1 g argint. Să se afle intensitatea curentului.

Rezolvare. Un echivalent-gram de argin are 107,9 g. Pentru depunerea a 1 g argint trebuie să treacă prin soluție $96\,500 : 107{,}9 = 894$ C. De aici, intensitatea curentului:

$$I = \frac{894}{10 \cdot 60} \approx 1.5\text{A}$$

Exemplul 4. Să se afle echivalentul staniului, știind că un curent cu intensitatea 2,5 A depune în 30 min, 2,77 g staniu dintr-o soluție de $SnCl_2$.

Rezolvare. Cantitatea de electricitate trecută prin soluție în 30 min este:

$$Q = 2.5 \cdot 30 \cdot 60 = 4\,500 \text{ C}.$$

Scanned with OKEN Scanner

Deoarece pentru depunerea unui echivalent-gram sînt necesari 96 500 C, atunci un echivalent gram de staniu va fi:

$$E_{Sn} = \frac{2{,}77 \cdot 96\,500}{4\,500} = 59{,}4.$$

PROBLEME

611. Care metal se va separa în primul rînd dintr-o soluție ce conține $NiSO_4$, Ag_2SO_4 și $CuSO_4$, dacă tensiunea curentului este suficientă pentru separarea oricărui metal ce intră în compoziția sărurilor?

612. O soluție conține ionii $Fe^{\cdot\cdot}$, $Hg_2^{\cdot\cdot}$, $Bi^{\cdot\cdot\cdot}$ și $Pb^{\cdot\cdot}$ în aceeași concentrație. În ce ordine se vor descărca acești ioni la electroliza soluției?

613. Se poate obține orice metal prin electroliza soluției apoase a sării sale?

614. Să se arate scheme electrolizei soluțiilor apoase de $BaCl_2$ și $Pb(NO_3)_2$.

615. Ce procese de oxidare și de reducere au loc la electroliza soluțiilor apoase de $FeCl_3$ și $Ca(NO_3)_2$?

616. Ce procese au loc la catod și la anod la electroliza clorurii de zinc $ZnCl_2$, dacă anodul este de zinc, iar catodul este de cărbune?

617. Vor fi identice produsele care se separă la trecerea curentului electric prin soluțiile de K_2CO_3 și K_2SO_4?

618. După datele actuale, sarcina electronului este $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C. Să se determine de aici numărul lui Faraday (farad).

619. Prin soluțiile de NaCl și Na_3PO_4 a trecut un timp oarecare curentul electric. Să se arate dacă s-a schimbat cantitatea de sare din prima și a doua soluție.

620. Ce procese chimice au loc la anod și la catod la electroliza soluției de KNO_3, dacă ambii electrozi sînt din zinc?

621. La electroliza sulfatului unui metal s-au degajat la anod 176 ml hidrogen, măsurat în condiții normale, iar la catod s-a depus în același timp 1 g de metal. Căldura specifică a metalului este 0,095. Să se determine greutatea atomică a metalului.

622. Două plăci de zinc sînt introduse într-un vas cu o soluție de acid sulfuric astfel, încît ele nu se ating una de alta. Ambele plăci se dizolvă în acid cu degajare de hidrogen. Să se arate dacă se va schimba mersul fenomenului, prin unirea celor două plăci cu polii unei surse de curent. Să se dea un răspuns motivat și să se arate ce procese chimice vor avea loc în acest caz, în vas.

623. Să se arate schema electrolizei soluției apoase de sulfat de magneziu $MgSO_4$. Ce se oxidează și ce se reduce în acest proces?

624. Printr-o soluție de clorură feroasă $FeCl_2$ trece un curent electric de 3 A timp de 10 min, iar printr-o soluție de clorură ferică $FeCl_3$ — un curent de 5 A timp de 6 min. În care soluție se va separa mai mult fier? Să se motiveze răspunsul.

625. Prin soluțiile de $SnCl_2$ și $SnCl_4$, legate în serie, trece un curent electric un timp oarecare. Se va separa oare aceeași cantitate de staniu și clor în fiecare soluție în parte?

Scanned with OKEN Scanner

626. Prin soluția de sulfat de nichel $NiSO_4$ trece un curent electric pînă cînd tot nichelul se separă din soluție. Ce procese au avut loc prin aceasta la anod și la catod? Ce conține lichidul rămas?

627. Prin trecerea aceleiași cantități de electricitate prin soluțiile de $AgNO_3$ și $Bi(NO_3)_3$, în prima soluție s-a separat la catod 0,9 g argint. Să se calculeze cîte grame de bismut se vor separa din a doua soluție.

628. La electroliza soluției de azotat de crom $Cr(NO_3)_3$, timp de 10 min s-au separat la catod 0,26 g crom. Care a fost intensitatea curentului?

629. Să se determine intensitatea curentului care a degajat în 20 min, dintr-o soluție de acid sulfuric, 280 ml gaz detonant, măsurat în condiții normale.

630. Cît timp este necesar pentru descompunerea unui mol de apă, avînd la dispoziție un curent de 5 A?

631. Cît timp trebuie să treacă un curent de 3 A prin soluția unei sări de argint, pentru a acoperi un obiect cu o suprafață de 80 cm^2 cu un strat de argint cu grosimea de 0,005 mm (greutatea specifică a argintului este 10,5)?

632. Ce cantitate de hidroxid de potasiu se formează la catod, dacă se trec printr-o soluție de sare de potasiu 9 650 C?

633. Cîți coulombi trebuie trecuți prin soluția unei sări de argint pentru a se elimina din soluție 1 g argint?

634. Ce cantitate de acid sulfuric se formează în soluția de sulfat de cupru dacă se trec prin ea 1 930 C?

635. Ce fenomene au loc la anod și la catod la electroliza unei soluții de sare de nichel, dacă ambii electrozi sînt de nichel? Cum se va schimba greutatea anodului după trecerea unui curent de 2,5 A timp de 1 h?

636. Ce procese de oxido-reducere au loc la electrozi, dacă se supune electrolizei o soluție de sulfat de cadmiu $CdSO_4$? Ce substanțe și în ce cantități, se separă la electrozi la trecerea prin soluție a unui curent de 4 A timp de 40 min?

637. Un element galvanic, al cărui catod este din zinc, a dat în timp de 2 h un curent de 0,8 A. Ce cantitate de zinc s-a consumat?

638. O soluție de clorură de magneziu $MgCl_2$ este supusă electrolizei timp de o oră la un curent de 2,5 A. Ce ioni s-au descărcat la anod și la catod? Ce produse și în ce cantitate s-au separat la catod și la anod?

639. Să se arate schema electrolizei soluției de clorură de sodiu NaCl și să se afle cîți coulombi trebuie să treacă prin soluție pentru a se forma 1 kg de hidroxid de sodiu.

640. O soluție de iodură de bariu BaJ_2 este supusă electrolizei timp de 15 min, intensitatea curentului electric fiind 6 A. Să se arate schema electrolizei și să se calculeze ce cantitate de substanță s-a separat în acest timp din soluție.

641. Curentul electric cu intensitatea de 5 A separă 1,517 g platină, dintr-o soluție de sare de platină în timp de 10 min. Să se determine echivalentul platinei.

642. Care este echivalentul-gram al bismutului, dacă pentru depunerea a 10 g bismut din soluția de $BiCl_3$ trebuie să treacă prin soluție 13 850 coulombi?

Scanned with OKEN Scanner

643. Care este echivalentul-gram al cadmiului, dacă pentru a se depune 1 g cadmiu din soluția sării de cadmiu trebuie să treacă prin soluție 1 717 coulombi?

644. La trecerea curentului cu intensitatea de 1,5 A timp de 30 min prin soluția unui metal trivalent s-au depus la catod 1,07 g dintr-un metal. Să se determine greutatea atomică a metalului.

645. Să se determine echivalentul electrochimic al cuprului (greutatea atomică a cuprului este 63,54).

646. La electroliza sulfatului unui metal oarecare se depune la catod 3,49 g metal în timp ce la anod se degajă 0,7 l oxigen. Să se determine greutatea atomică exactă a metalului, căldura lui specifică fiind 0,11.

647. Pentru obținerea cloratului de potasiu se supune electrolizei o soluție fierbinte de KCl. Să se exprime prin ecuații tot ce se întîmplă în timpul electrolizei și să se calculeze cît clorat de potasiu se obține, dacă se trec prin soluție 193 000 coulombi. Randamentul în sare este 60%.

648. Să se calculeze echivalentul electrochimic al argintului (greutatea atomică a argintului este 107,88).

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL XVII

ALIAJE

Aliajele metalelor sînt sau amestecuri intime ale cristalelor metalelor aliate, sau (dacă metalele topite intră în combinaţie chimică unul cu altul) amestecuri ale metalelor libere cu compuşii chimici ai acestora.

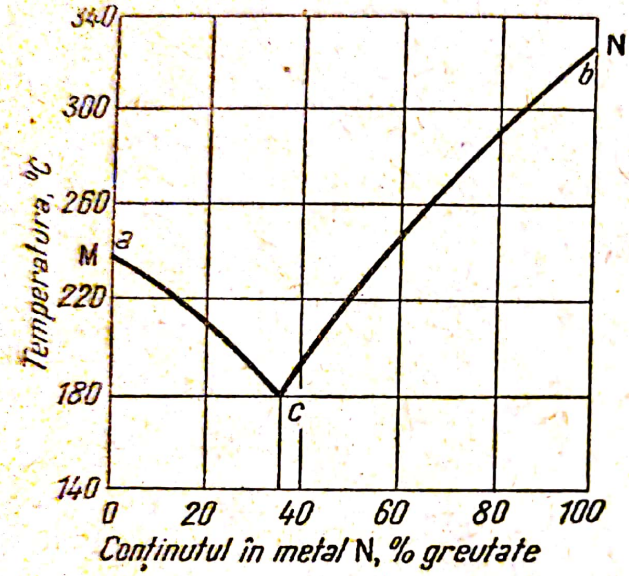


Fig. 3

Aliajele solide sînt adeseori absolut omogene: în acest caz ele reprezintă fie un compus chimic definit, fie un amestec omogen, cu o compoziţie nedefinită, numit soluţie solidă.

Stabilirea naturii aliajelor se face cel mai des cu ajutorul analizei termice, introdusă în tehnică în deceniul al şaptelea al secolului trecut de către savantul metalurg rus D. A. Cernov. Esenţa analizei termice se rezumă la construirea curbelor sau diagramelor de fuzibilitate, care exprimă variaţia temperaturilor de topire ale aliajelor în funcţie de conţinutul procentual al componenţilor.

Dacă două metale *M* şi *N* nu formează prin aliere compuşi chimici, atunci diagrama de fuzibilitate are în cazul general aspectul arătat în fig. 3. Punctul *a* arată temperatura de topire a metalului pur *M*. Pe măsura adăugării metalului *N*, temperatura de topire scade la început, apoi, prin mărirea ulterioară a conţinutului metalului *N* în aliaj, creşte din nou

pînă ajunge în punctul *b*, corespunzător temperaturii de topire a metalului pur *N*.

Curba *a b c* arată că, dintre toate aliajele care se pot forma din metalele *M* și *N*, temperatura cea mai joasă o are aliajul cu compoziția corespunzătoare punctului *c* (în acest caz el are 37% din metalul *N* și deci 63% din metalul *M*). Un astfel de aliaj, cu temperatura de topire cea mai joasă, se numește *eutectic*, temperatura la care se topește este *temperatura eutectică*, *iar* punctul *c* de pe curbura de topire corespunzătoare acestei temperaturi este *punctul eutectic*.

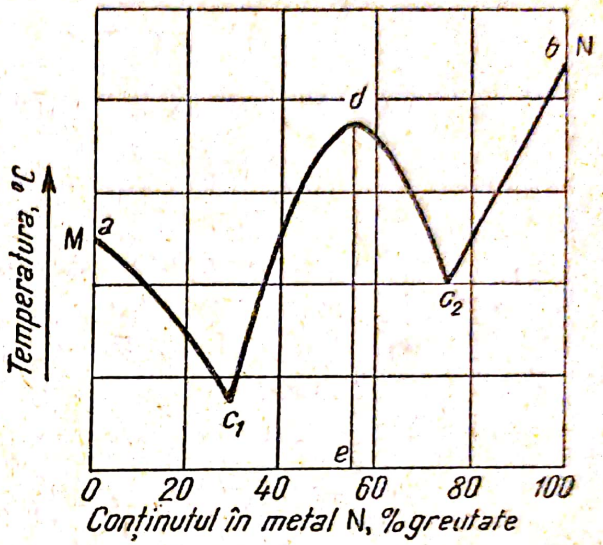


Fig. 4

La răcirea unui aliaj lichid, care are o altă compoziție de cît cea eutectică, se va separa întîi ca fază solidă acel metal al cărui conținut în aliaj depășește conținutul său (de exemplu, la răcirea unui aliaj care conține 70% metal *N* se va separa mai întîi acest metal). Pe măsura separării metalului *N*, temperatura va scădea, iar partea din aliaj rămasă lichidă se va apropia treptat în compoziția ei de eutectic. Cînd compoziția aliajului ajunge la compoziția eutecticului, iar temperatura la temperatura eutectică, toată partea lichidă a aliajului se va solidifica omogen, formînd un amestec de cristale mărunte ale ambelor metale, intim amestecate între ele. De aceea, toate aliajele avînd compoziția diferită de compoziția eutecticului, reprezintă în stare solidă o masă compactă în care sînt incluse cristale mai mari ale aceluia dintre metale care s-a separat mai întîi la solidificarea aliajului.

Dacă metalele aliate *M* și *N* dau compuși chimici unul cu altul, și anume un singur compus, atunci diagrama de fubizibilitate are aspectul arătat în fig. 4. Aici sînt două puncte eutectice c_1 și c_2. Punctul superior al curbei (maximum) *d* corespunde temperaturii de topire a compusului chimic, care este format din metalele *M* și *N*, iar punctul *e* pe axa absciselor arată compoziția lui.

Scanned with OKEN Scanner

Perpendiculara coborîtă din punctul d pe axa absciselor împarte întreaga suprafaţă a diagramei în două părţi, care pot fi considerate ca două diagrame independente ; jumătatea din stînga a curbei este curba de topire a metalului M şi a compusului chimic format din ambele metale, iar cea din dreapta, curba de topire a aceluiaşi compus chimic cu metalul N. La temperatura corespunzătoare punctului c_1 din aliaj, se separă amestecul eutectic al metalului M şi compusul chimic al metalelor aliate; la temperatura corespunzătoare punctului c_2, — amestecul eutectic al aceluiaşi compus chimic şi al metalului N.

Dacă două metale, formează prin aliere cîţiva compuşi chimici, atunci pe curba de topire se obţin tot atîtea maxime, care determină compoziţia acestor compuşi.

Diagrama de fuzibilitate permite să se rezolve o serie de probleme care se referă la natura aliajelor: stabilirea structurii aliajelor, numărul şi compoziţia compuşilor care se formează prin alierea metalelor, compoziţia eutecticului etc.

Exemplul 1. O cantitate de 400 g aliaj de staniu cu plumb, conţine 30% Sn şi 70% Pb. Care dintre aceste metale, şi în ce cantitate, se găseşte în aliaj sub formă de cristale incluse în eutectic, dacă eutecticul are următoarea compoziţie : 64% Sn şi 36% Pb?

Rezolvare. Se calculează cîte grame din fiecare metal există în 400 g aliaj:

$$400 \cdot 0{,}30 = 120 \text{ g Sn};$$

$$400 \cdot 0{,}70 = 280 \text{ g Pb}.$$

Deoarece conţinutul procentual al staniului în aliaj este mai mic decît conţinutul lui în eutectic, este evident că staniul va intra în întregime în compoziţia eutecticului. Bazaţi pe aceasta, se determină greutatea eutecticului:

$$120 : x = 64 : 100,$$

$$x = \frac{120 \cdot 100}{64} = 187{,}5 \text{ g}.$$

Partea rămasă din aliaj este formată din cristale de plumb incluse în eutectic. Greutatea acestor cristale aste 400—187,5= =212,5 g.

Exemplul 2. Prin alierea staniului cu magneziul se formează compusul intermetalic Mg_2Sn. În ce proporţie trebuie

Scanned with OKEN Scanner

să se alieze metalele de mai sus, pentru a se obține un aliaj cu un conținut de 20% magneziu liber?

Rezolvare. Determinînd conținutul procentual al magneziului și staniului în Mg_2Sn, se obține: 28,7% Mg, 71,3% Sn.

Din datele problemei, în 100 g aliaj trebuie să se găsească 20 g Mg și 80 g Mg_2Sn. Se calculează cîte grame din fiecare metal intră în compoziția a 80 g Mg_2Sn:

$$80 \cdot 0.287 = 23 \text{ g Mg};$$

$$80 \cdot 0.713 = 57 \text{ g Sn}.$$

Deci, pentru prepararea a 100 g aliaj de compoziția cerută în problemă, la 57 g staniu trebuie să se adauge 23+20=43 g magneziu, adică staniul și magneziul trebuie să fie luate în raportul de greutate 57 : 43.

PROBLEME

649. Să se determine, pe baza diagramei de fuzibilitate a sistemului Cd-Bi (fig. 5), care dintre aceste metale se va separa mai întîi și la ce temperatură, dacă se răcesc aliajele lichide care au următoarele compoziții :

20% Bi și 80% Cd ; 60% Bi și 40% Cd ; 70% Bi și 30% Cd.

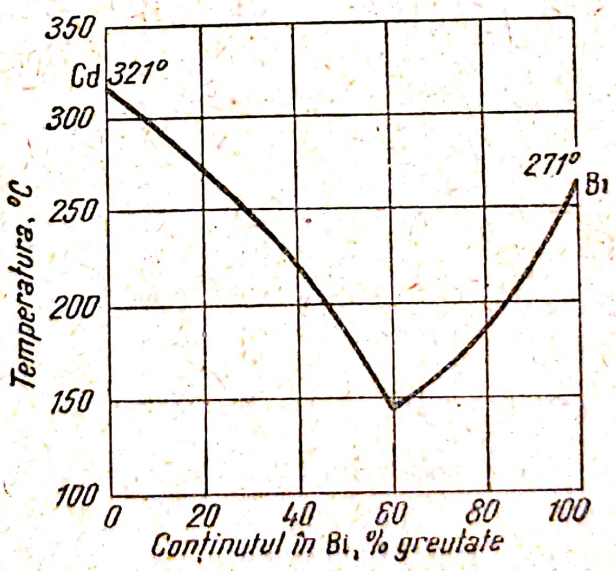


Fig. 5

650. Ce metal se va separa prin răcirea unui aliaj lichid de cupru și aluminiu care conține 25% cupru, dacă eutecticul corespunde compoziției: 67,5% aluminiu și 32,5% cupru? Cîte grame din acest metal se vor separa din 200 g aliaj ?

Scanned with OKEN Scanner

651. Prin răcirea a 500 g aliaj lichid de cupru și argint, care conține 77,6% Ag, s-au separat pînă la formarea eutecticului 100 g argint curat. Să se determine compoziția procentuală a eutecticului.

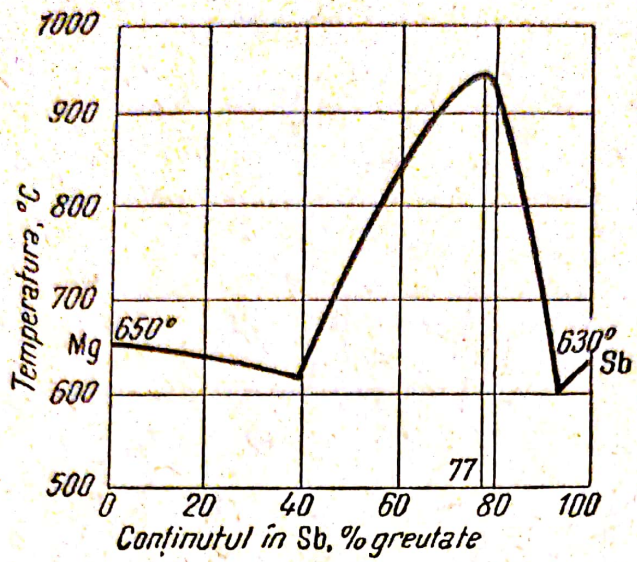


Fig. 6

652. Un aliaj de staniu cu plumb conține 73% staniu și 27% plumb. Cîte grame aliaj eutectic sînt conținute într-un kilogram aliaj solid, dacă eutecticul are compoziția: 64% staniu și 36% plumb ?

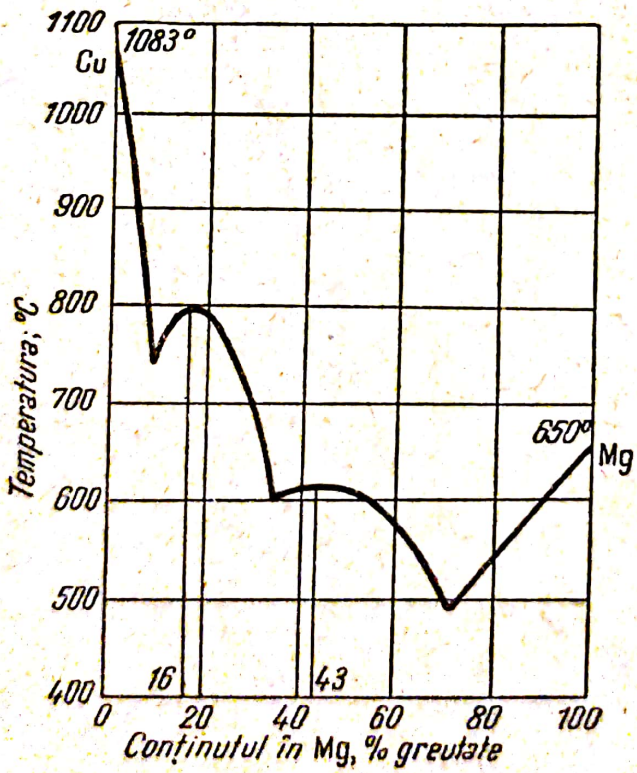


Fig. 7

653. Monedele obișnuite din argint se bat dintr-un aliaj care conține cantități egale în greutate de cupru și argint. Cîte grame de cupru sînt conținute în 200 g dintr-un astfel de aliaj sub formă

de cristale incluse în eutectic, dacă eutecticul are compoziţia: 28% Cu şi 72% Ag ?

654. Folosind diagrama de fuzibilitate a sistemului Mg-Sb (fig. 6), să se stabilească formula compusului intermetalic pe care-l formează aceste metale. Care va fi compoziţia fazei solide, care se separă mai întîi la răcirea aliajului lichid, care conţine 60% Sb ? Ce va reprezenta aliajul solidificat ?

655. Folosind diagrama de fuzibilitate a sistemului Cu-Mg (fig. 7), să se găsească formula compuşilor intermetalici pe care-i formează aceste metale.

656. Prin alierea magnezului şi plumbului se formează un compus intermetalic care conţine 81% plumb. Să se stabilească formula acestuia şi să se calculeze cîte grame din acest compus conţine 1 kg aliaj format din cantităţi egale în greutate de magneziu şi plumb.

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL XVIII

PROPRIETĂȚILE ELEMENTELOR CHIMICE ȘI ALE COMPUȘILOR LOR

PROBLEME

1. Hidrogenul. Gazele inerte

657. Cum se obține hidrogenul în tehnică și în laboratoare? Să se scrie ecuațiile reacțiilor de obținere a hidrogenului prin diverse metode și să se examineze din punctul de vedere al oxido-reducerii, arătînd pentru fiecare reacție: a) ce se oxidează și ce se reduce; b) care substanță este oxidant și care reducător.

658. Ce rol joacă de obicei hidrogenul în reacțiile cu alte substanțe, de oxidant sau de reducător? Să se arate dacă din acest punct de vedere proprietățile atomilor (moleculelor) de hidrogen și ale ionilor de hidrogen sînt asemănătoare. Să se dea exemple de reacții care să justifice răspunsul.

659. Cum se obține hidrogenul atomic? Prin ce se deosebesc proprietățile lui de ale hidrogenului molecular? De ce flacăra hidrogenului atomic are o temperatură cu mult mai înaltă decît flacăra hidrogenului molecular?

660. Să se scrie ecuația reacției care are loc la obținerea hidrogenului prin metoda cu fier și vapori de apă. De ce această reacție, neținînd seamă de reversibilitatea ei, merge practic pînă la totala transformare a fierului în oxid? Să se arate care sînt principalele utilizări ale hidrogenului.

661. Să se arate care dintre metalele indicate mai jos pot fi folosite la prepararea hidrogenului din acid clorhidric:

Cu, Al, Fe, Mg, Hg.

Care dintre aceste metale dă cea mai mare cantitate de hidrogen, dacă se folosesc în cantități egale?

662. Cum se obțin hidrurile metalelor? Să se scrie ecuațiile reacțiilor: a) de obținere a hidrurii de calciu; b) reacția hidrurii de calciu cu apa. Să se indice care substanță este oxidant și care reducător, ce se oxidează și ce se reduce în ambele cazuri.

663. Pentru umplerea aerostatelor cu hidrogen, în condițiile de campanie, se utilizează uneori acțiunea hidrurii de calciu asupra apei.

Cîte kilograme de hidrură se consumă la umplerea unui aerostat de 560 m^3 capacitate (socotit în condiții normale)? Cît zinc și cît acid sulfuric s-ar consuma pentru realizarea aceluiași scop ?

664. Să se facă o scurtă caracterizare a gazelor inerte arătînd: a) poziția lor în sistemul periodic; b) structura atomilor; c) diferența fundamentală față de celelalte elemente: d) numărul atomilor în moleculele de gaze inerte.

665. Știind că heliul este de două ori mai greu decît hidrogenul, să se calculeze ce sarcină, inclusiv greutatea învelișului, poate să ridice un aerostat care conține 1 000 m^3 gaz dacă: a) este umplut cu hidrogen; b) este umplut cu heliu. Să se compare forțele ascensoriale ale hidrogenului și heliului.

666. Să se arate care sînt utilizările tehnice ale neonului. Cît cîntărește 1 l de neon în condiții normale și care este densitatea lui în raport cu aerul ?

2. Halogenii

667. Să se arate care sînt compușii naturali cei mai importanți ai halogenilor. Sub forma căror ioni se întîlnesc de obicei halogenii în natură? Să se arate care este principiul general de obținere a halogenilor din compușii lor naturali și să se exemplifice prin ecuația reacției de obținere a bromului din NaBr.

668. Să se facă o caracterizare comparativă a proprietăților chimice ale halogenilor, arătînd: a) structura atomilor lor; b) valența lor; c) formulele compușilor hidrogenați și variația stabilității lor termice cu creșterea numărului de ordine al halogenului.

Cum variază proprietățile oxido-reducătoare ale halogenilor cu creșterea numărului de ordine? Care este cauza acestei variații ?

669 Care sînt mijloacele de obținere și proprietățile fizice ale acizilor halogenați? Care dintre acizii halogenați are cea mai mare importanță practică? Cum variază proprietățile reducătoare ale acizilor halogenați cu creșterea numărului de ordine al halogenului? Să se arate dacă acizii halogenați pot să joace rolul de oxidanți în orice reacții și să se justifice răspunsul dat.

670. Prin ce se deosebesc atomii (sau moleculele) halogenilor, de ionii încărcați negativ ai halogenilor, în ceea ce privește proprietățile oxido-reducătoare ? Cum variază aceste proprietăți la unii și la alții cu creșterea numărului de ordine al halogenului ? Care este principiul acestei schimbări ?

671. Să se studieze din punctul de vedere al oxidării și reducerii următoarele reacții :

$$2FeCl_3 + 2HJ = 2FeCl_2 + J_2 + 2HCl,$$

$$Zn + 2HJ = ZnJ_2 + H_2.$$

Să se arate dacă acidul clorhidric are același rol în ambele reacții. Care substanță este reducătoare în prima reacție și care în a doua ?

672. Să se indice denumirea și formulele acizilor oxigenați ai clorului și ale sărurilor lor de potasiu. Cum variază proprietățile lor

Scanned with OKEN Scanner

oxidante cu creşterea valenţei clorului ? Care este, de obicei, reacţia iniţială la obţinerea practică a compuşilor oxigenaţi ai clorului ?

673. Cum se poate obţine clorură de var, folosind ca materii prime $CaCO_3$ şi NaCl şi avînd la dispoziţie curentul electric ? Să se arate toate reacţiile chimice care trebuie să se realizeze în procesul fabricaţiei ei din substanţele de mai sus. Care sînt produsele secundare ?

674. Să se indice formula şi utilizarea practică a cloratului de potasiu. Cum se obţine cloratul de potasiu din potasiu metalic, acid clorhidric, bioxid de mangan şi apă ? Să se stabilească ecuaţiile tuturor reacţiilor care au loc. Cum se constată dacă cloratul de potasiu obţinut nu conţine, ca impurităţi, clorura de potasiu ?

675. Să se scrie ecuaţiile care trebuie să se realizeze pentru obţinerea cloratului de potasiu, dacă se folosesc ca materii prime numai următoarele substanţe : acid clorhidric, hidroxid de potasiu, bioxid de mangan şi apă. Să se calculeze ce cantitate de clorat de potasiu se obţine din 168 g KOH.

676. Prin ce reacţii se poate obţine brom, dacă se dispune de bromură de sodiu, acid clorhidric şi bioxid de mangan ? Să se scrie ecuaţiile acestor reacţii, arătîndu-se pentru fiecare oxidantul şi reducătorul.

677. Cum se obţine clor din clorură de calciu ? Să se scrie ecuaţiile reacţiilor care au loc şi să se calculeze cîţi litri de clor, la 0° şi 760 mm, se pot obţine din 1 kg $CaCl_2$.

678. Printr-o soluţie de iodură de potasiu se trece mai mult timp un curent de clor şi apoi se încearcă prezenţa iodului liber în soluţie cu amidon. Să se explice de ce nu se observă albăstrirea soluţiei. Să se scrie ecuaţia reacţiei care are loc.

679. Cum se obţine acid iodic, folosindu-se bioxid de mangan, acid clorhidric şi iod liber ? Să se scrie ecuaţiile reacţiilor care trebuie să se realizeze.

680. Una dintre metodele de preparare în laborator a clorului constă în acţiunea acidului clorhidric asupra clorurii de var. Să se explice reacţia care are loc din punctul de vedere al oxidării şi reducerii. Cîţi litri de clor, aduşi la 0° şi 760 mm, se pot obţine prin această metodă din 1 kg clorură de var care conţine 42,9% hipoclorit de calciu ?

3. Elementele din grupa oxigenului

681. Să se facă o scurtă caracterizare a oxigenului, arătînd: a) răspîndirea oxigenului în natură şi conţinutul său în aer; b) poziţia lui în sistemul periodic şi structura atomului; c) pe ce se bazează capacitatea lui de oxidare. Să se arate elementele care nu se combină de loc cu el.

682. În cîte grupe se împart oxizii ? Să se arate caracteristicile principale ale fiecărei grupe de oxizi şi să se ilustreze cu exemplele reacţiilor respective.

683. După ozonificarea unui volum oarecare de oxigen s-a constatat că volumul gazului s-a micşorat cu 500 ml. Cîţi mililitri de ozon s-au format ? Ce cantitate de energie s-a absorbit la formarea lui ? Ce volum de oxigen s-a consumat la formarea ozonului ?

Scanned with OKEN Scanner

684. Să se arate care sînt procedeele de laborator și tehnice de obținere a oxigenului. Să se arate dacă oxigenul din tuburile de oțel se găsește în stare gazoasă sau lichidă. Care sînt cele mai importante utilizări practice ale oxigenului ?

685. Care dintre următoarele substanțe, luate două cîte două, vor reacționa între ele, cu formare de săruri :

SO_2 și HCl ; CaO și HNO_3 ; CrO_3 și NaOH ;

MgO și KOH ; P_2O_5 și CuO ; N_2O_5 și H_3PO_4.

Să se scrie ecuațiile reacțiilor care au loc.

686. La 150 g soluție de apă oxigenată se adaugă puțin bioxid de mangan. Se măsoară oxigenul degajat; volumul lui, adus la condiții normale, este 1 l. Ce cantitate de apă oxigenată, în procente, a conținut soluția ?

687. Care compuși se numesc peroxizi ? Cum se obține apa oxigenată din peroxizi ? Să se scrie ecuațiile reacției de oxidare cu apa oxigenată a $Fe(OH)_2$ în $Fe(OH)_3$ și să se arate care ion este în acest caz oxidant și care reducător.

688. Să se scrie ecuația ionică a reacției de hidroliză a peroxidului de sodiu. Să se arate cum influențează creșterea temperaturii asupra echilibrului acestei ecuații și dacă după fierbere soluția de peroxid de sodiu își mai păstrează proprietățile de albire.

689. Să se facă o scurtă caracterizare chimică a sulfului, arătînd : a) poziția sulfului în sistemul periodic, structura atomului său și valența în compuși; b) proprietățile oxidante ale sulfului (exemplu de reacție); c) caracterul oxizilor sulfului ; d) caracterul compușilor hidrogenați ai sulfului și proprietățile sale reducătoare sau oxidante.

690. Cum se obține hidrogen sulfurat din zinc, sulf și acid sulfuric? Să se arate cele două căi posibile pentru obținerea lui, scriindu-se ecuațiile reacțiilor și să se calculeze cantitatea teoretică de sulf necesară pentru obținerea a 20 l H_2S, măsurați în condiții normale.

691. Să se arate care sînt principalele proprietăți fizice și chimice ale hidrogenului sulfurat. Prin ce se dovedește dacă hidrogenul sulfurat este oxidant sau reducător, atunci cînd reacționează cu alte substanțe ? Să se insiste în răspuns asupra reacțiilor acestuia cu iodul, acidul sulfuric și oxigenul din aer și să se scrie ecuațiile electronice respective.

692. Să se arate proprietățile oxido-reducătoare ale acidului sulfuros, exemplificînd prin ecuații, reacțiile : a) cu iod ; b) cu acid cloric. Cîți litri de bioxid de sulf, la 0° și 760 mm, trebuie să se treacă printr-o soluție de acid cloric pentru a reduce 16,9 g $HClO_3$?

693. Să se arate dacă acidul sulfuros are proprietăți oxidante sau reducătoare prin acțiunea lui asupra : a) magneziului ; b) hidrogenului sulfurat ; c) iodului. Care dintre ionii ce intră în compunerea lui manifestă aceste proprietăți în fiecare dintre cazurile arătate ?

694. Ce substanță este numită în tehnică hiposulfit ? Să se scrie formula lui și denumirea chimică corectă. Să se arate dacă hiposulfitul are proprietăți oxidante sau reducătoare și care ion este purtătorul acestor proprietăți. Să se arate mijlocul de obținere și utilizările importante ale hiposulfitului.

Scanned with OKEN Scanner

695. Ce substanțe naturale servesc ca materie primă pentru obținerea acidului sulfuric prin procedeul de contact și de cameră? Prin ce se deosebește, din punct de vedere chimic, un procedeu de celălalt? Să se arate importanța acidului sulfuric în economia națională.

696. Prin ce se deosebește acțiunea acidului sulfuric concentrat asupra metalelor, de acțiunea acidului diluat? Care ion este oxidant în primul caz și care în al doilea? Să se motiveze răspunsul scriind ecuațiile reacțiilor dintre: a) acid sulfuric concentrat și magneziu; b) acid sulfuric concentrat și argint; c) acid sulfuric diluat și fier.

697. Cîte grame de acid sulfuric trebuie pentru a dizolva 50 g mercur? Cîte grame din această cantitate sînt necesare pentru oxidarea mercurului? Să se arate dacă pentru dizolvarea mercurului se poate folosi acid sulfuric diluat.

698. Să se arate dacă pentru dizolvarea a 40 g nichel se consumă aceleași cantități de acid sulfuric concentrat și diluat. Ce cantitate de acid sulfuric se consumă la oxidarea nichelului în primul și în al doilea caz? Ce ioni vor oxida nichelul în cele două cazuri?

699. Să se arate pînă la ce se poate reduce acidul sulfuric concentrat în reacțiile cu metalele. Să se arate toate cazurile posibile de reducere și să se stabilească ecuațiile reacțiilor dintre acidul sulfuric concentrat și metalele magneziu, zinc și mercur, ținînd seama de poziția acestor metale în seria tensiunilor.

700. Să se enumere acizii mai importanți ai sulfului. Să se arate care sînt proprietățile oxido-reducătoare ale fiecărui acid și să se indice care dintre atomii care intră în compoziția fiecărui acid determină însușirile oxidante sau reducătoare. Să se dea denumirea generală a sărurilor acizilor enumerați.

701. Să se denumească sărurile mai importante ale acidului sulfuric și să se arate pentru fiecare dintre ele: a) denumirea chimică și tehnică; b) formula cristalohidratului format; c) utilizarea practică.

702. Să se arate care sînt proprietățile chimice de bază ale hidrogenului seleniat și hidrogenului telurat. Se poate obține hidrogen seleniat prin acțiunea acidului azotic asupra seleniurii de zinc? Să se confirme răspunsul prin ecuația reacției.

4. Elementele din grupa azotului

703. Să se facă o caracterizare generală a elementelor din grupa azotului, arătînd: a) structura atomilor; b) valențele comune pentru toate elementele grupei; c) formulele compușilor hidrogenați; d) variația proprietăților cu creșterea numărului de ordine și cauza acestor variații.

704. Cîți litri de amoniac, adus la condiții normale, trebuie să se dizolve într-un litru de apă pentru a obține o soluție 10%? Ce proprietăți are soluția de amoniac? Să se arate dacă soluția de mai sus conține mai multe molecule de amoniac sau mai mulți ioni de amoniu.

705. Ce echilibru există într-o soluție de amoniac? Cum se modifică echilibrul dacă se adaugă la soluție un acid? Dar dacă

Scanned with OKEN Scanner

se adaugă un hidroxid alcalin ? Să se scrie ecuaţia ionică a reacţiei de neutralizare a soluţiei de amoniac cu acid sulfuric.

706. Cum se obţin sărurile de amoniu ? Să se dea exemple de reacţii de obţinere, arătînd proprietăţile caracteristice ale sărurilor de amoniu. Care sînt cei mai importanţi reprezentanţi ai acestor săruri şi care este utilizarea lor practică ?

707. Să se arate ce se obţine ca reziduu după încălzirea unui amestec în cantităţi echimoleculare de sulfat de amoniu şi clorură de sodiu ? Să se scrie ecuaţia reacţiei care are loc.

708. Să se scrie ecuaţia ionică a reacţiei dintre o soluţie de sare de amoniu şi un hidroxid alcalin. Cîţi litri de amoniac, măsuraţi în condiţii normale, se obţin prin reacţia dintre 2 l soluţie 1,5 n de hidroxid alcalin şi o sare de amoniu ?

709. Să se enumere acizii pe care îi formează azotul şi să se arate proprietăţile lor oxido-reducătoare. Să se scrie ecuaţiile reacţiilor dintre: a) HNO_3 concentrat şi mercur; b; HNO_3 diluat şi calciu; c) HNO_3 diluat şi argint.

710. Care este metoda de fabricare a acidului azotic, cea mai răspîndită în prezent ? Ce substanţe naturale sînt folosite ca materie primă la obţinerea HNO_3 prin această metodă şi care sînt reacţiile chimice care au loc ?

711. Ce compuşi ai azotului se obţin prin fixarea directă a azotului atmosferic ? Să se scrie reacţiile pentru obţinerea lor şi să se arate condiţiile în care decurg aceste reacţii. De ce descoperirea acestor metode are o atît de mare importanţă pentru omenire ?

712. Prin ce se deosebeşte acţiunea acidului azotic diluat asupra metalelor de acţiunea acidului clorhidric şi sulfuric diluat ? Care ion este oxidant în primul caz şi care în al doilea ? Să se scrie ecuaţiile reacţiilor acidului azotic diluat cu mercurul şi cu calciul, ţinînd seama de poziţia acestor metale în seria tensiunilor.

713. Care sînt substanţele care se obţin prin reducerea consecutivă a acidului azotic ? Care este numărul maxim de electroni pe care îi poate adiţiona atomul de azot $\overset{+V}{N}$ la reducerea acidului azotic ? Să se scrie ecuaţiile reacţiilor de reducere cu zinc a acidului azotic: a) pînă la N_2O; b) pînă la N_2; c) pînă la NH_3.

714. Să se scrie ecuaţiile următoarelor reacţii care ilustrează proprietăţile oxidante ale acidului azotic : a) acţiunea HNO_3 concentrat asupra sulfului ; b) acţiunea HNO_3 diluat asupra plumbului ; c) acţiunea HNO_3 diluat asupra magneziului. De ce depinde gradul de reducere al acidului azotic, cînd reacţionează cu diverse metale ?

715. La dizolvarea unei bucăţi de argint se foloseşte acid azotic. Să se arate dacă este mai bine să se folosească acid azotic diluat sau concentrat. În care caz consumul de acid azotic este mai mic ?

716. Acidul azotic se descompune prin încălzire cu degajare de bioxid de azot şi oxigen. Care elemente se oxidează şi care se reduc în această reacţie ?

717. Ce este gazul de culoare brună care se degajă prin acţiunea HNO_3 concentrat asupra metalelor ? Din ce moleculă este format ? De ce se închide la culoare la creşterea temperaturii şi se deschide prin scăderea temperaturii ? Să se arate dacă presiunea acestui gaz se schimbă conform legii Boyle-Mariotte cînd este supus comprimării şi să se scrie ecuaţiile reacţiilor care au loc la dizolvarea lui în apă şi într-o soluţie alcalină.

Scanned with OKEN Scanner

718. Cum se prepară pe cale industrială azotatul de amoniu, utilizînd ca materii prime numai azotul atmosferic și apa ? Să se arate ce reacții chimice trebuie să aibă loc pentru obținerea acestui îngrășămînt.

719. Să se arate care sînt cele mai importante îngrășăminte cu azot și cum se pot obține. Să se scrie ecuațiile tuturor reacțiilor care au loc la fabricarea acestora.

720. Prin ce reacții chimice se poate obține azotatul de calciu, dacă se pornește de la substanțe larg răspîndite în natură ?

721. Două volume egale de oxid și de bioxid de azot, la presiune normală și temperatura de 50°, se comprimă la 5 at. Care dintre gaze va ocupa un loc mai mic ? De ce ?

722. Tetraoxidul de azot se disociază după ecuația :

$$N_2O_4 \rightleftarrows 2NO_2.$$

La 27° și presiune normală, densitatea vaporilor de N_2O_4 în raport cu hidrogenul este 38,34. Ce procent din moleculele N_2O_4 sînt disociate ?

723. Să se explice de ce acidul azotic poate fi utilizat pentru obținerea CO_2 din Na_2CO_3, dar nu poate fi utilizat pentru obținerea SO_2 din Na_2SO_3. Să se ilustreze răspunsul prin ecuațiile reacțiilor.

724. De ce fosforul se întîlnește în natură numai sub formă de compuși, în timp ce azotul se găsește liber în natură ? Cum se obține fosforul liber ? Să se scrie ecuațiile proceselor care au loc, și să se arate în care stadiu are loc procesul de oxido-reducere, cum și ce se oxidează și ce se reduce.

725. Să se arate două forme alotropice importante ale fosforului și să se menționeze prin ce se deosebesc din punctul de vedere al proprietăților lor. Se menține această diferență și după transformarea lor în stare gazoasă ?

726. Să se demonstreze de ce fosforul alb și roșu reprezintă două forme alotropice ale aceluiași element.

727. Cum se obține acid ortofosforic pornind de la : a) fosfor liber ; b) fosfat de calciu ? Cît fosfor și cît fosfat de calciu sînt necesari pentru a obține 250 g acid ortofosforic ? Să se arate dacă ambele procese sînt reacții de oxido-reducere.

728. Să se arate denumirea și formulele sărurilor de amoniu ale acidului ortofosforic. De ce din aceste săruri se poate obține amoniac prin simplă încălzire, în timp ce pentru obținerea amoniacului din clorura de amoniu, ultima trebuie în prealabil amestecată cu var sau cu hidroxid de sodiu etc.?

729. La o soluție care conține 1 mol H_3PO_4 se adaugă 1 mol Na_2HPO_4 și se evaporă lichidul pînă la sicitate. Ce este substanța rămasă după evaporare ?

730. Care sînt cei mai importanți compuși naturali ai fosforului ? De ce aceștia aproape că nu se utilizează direct ca îngrășămînt, ci trebuie mai întîi supuși unei prelucrări chimice ? Ce scop are această prelucrare ? Ce este superfosfatul și fosfatul de calciu precipitat ? Să se scrie ecuațiile reacțiilor lor de obținere.

731. Să se facă o scurtă caracterizare a elementelor subgrupei arsenului, arătîndu-se pentru fiecare element în parte : a) structura atomilor lui ; b) valența în compuși ; c) formulele și caracterul oxizilor și hidroxizilor.

Scanned with OKEN Scanner

Prin ce se manifestă accentuarea proprietăților metalice la trecerea de la arsen la stibiu și bismut ?

732. Să se arate denumirile și formulele hidroxizilor stibiului. Care este caracterul acestor hidroxizi și ce dovedește solubilitatea lor în alcalii ? În care dintre compușii enumerați mai jos, stibiul joacă rolul de metaloid și în care rolul de metal :

$$SbH_3,\ SbCl_3,\ K_2H_2Sb_2O_7,\ (NH_4)_3SbS_4,\ Sb_2(SO_4)_3.$$

733. Ce substanță se formează prin acțiunea acidului azotic concentrat asupra trisulfurii de arsen? Să se scrie ecuația acestei reacții.

734. Ce compuși ai arsenului se formează prin acțiunea acidului sulfuric diluat și a zincului asupra As_2O_3 ? Să se scrie ecuația acestei reacții și să se explice din punctul de vedere al oxido-reducerii.

735. De ce soluția de triclorură de stibiu devine tulbure prin diluare cu apă ? Cum poate să fie făcută din nou limpede, fără filtrare ? Să se scrie ecuațiile moleculare și ionice ale reacției care are loc în primul și în al doilea caz.

736. Dacă în soluția de triclorură de stibiu acidulată cu HCl se introduce o plăcuță de zinc, pe ea se va depune stibiu metalic. Ce compus al stibiului se obține alături de stibiul metalic în condițiile arătate ? Să se scrie ecuațiile proceselor care au loc.

737. Să se arate care compuși se numesc tioacizi și prin ce se deosebesc de acizii oxigenați obișnuiți. Să se arate, cu ajutorul ecuațiilor ionice, reacțiile de obținere a sărurilor amoniacale ale acizilor tioarsenic și tioantimonic. Se poate obține pe cale obișnuită, și anume pe care cale, sulfoacizi liberi din sărurile lor amoniacale ? Să se motiveze răspunsul prin ecuațiile reacțiilor care au loc.

738. Bismutul se dizolvă ușor în acid azotic, dar nu se dizolvă în acid clorhidric și acid sulfuric diluat. Ce concluzie se poate trage din aceasta cu privire la poziția bismutului în seria tensiunilor ? Să se scrie ecuația reacției care are loc în primul caz. Să se arate dacă se poate purifica azotatul de bismut prin recristalizare din soluții apoase și să se motiveze răspunsul dat.

5. Carbonul și siliciul

739. Să se facă o scurtă caracterizare a carbonului, arătînd: a) răspîndirea lui în natură; b) formele alotropice și cauzele deosebirii în proprietățile lor; c) structura atomului și valența în compuși; d) oxizii formați și caracterul lor.

740. Cum se obține anhidrida carbonică în laborator și în industrie ? Din care produse naturale se poate obține ? Să se arate proprietățile fizice ale anhidridei carbonice, comportarea acesteia față de apă și alcalii, cum și utilizările ei în practică.

741. De ce la obținerea bioxidului de carbon din marmură se folosește acid clorhidric și nu acid sulfuric ? Cîți litri bioxid de carbon, măsurați la 0° și 760 mm, se obțin din 1 kg marmură care conține 96% $CaCO_3$?

742. Să se facă o scurtă caracterizare a bioxidului de carbon (prepararea, comportarea la încălzire. disocierea în soluție apoasă). Să se arate dacă se poate prepara o soluție normală de bioxid de carbon

Scanned with OKEN Scanner

și dacă această soluție se neutralizează prin adăugarea cantității strict echivalente de hidroxid alcalin. Răspunsul trebuie să fie bine justificat.

743. Să se arate care sînt sărurile mai importante ale acidului carbonic. Cum se poate obține carbonatul de sodiu dacă se folosește sodiu metalic, acid clorhidric, marmură și apă? Să se scrie ecuațiile reacțiilor. În care industrii se întrebuințează carbonatul de sodiu?

744. Pentru obținerea carbonatului de sodiu se împarte o soluție de hidroxid de sodiu în două părți egale și se saturează una dintre ele cu bioxid de carbon, după care se amestecă una cu alta. Să se arate ce substanță s-a format după saturarea cu CO_2 a primei părți și ce reacție a avut loc după amestecarea celor două părți. Să se scrie ecuațiile ambelor reacții.

745. Prin ce metodă chimică se poate purifica bioxidul de carbon de bioxidul de sulf?

746. Cum se obține soda prin procedeul amoniacal? Din ce și cum se obțin materiile prime necesare în acest procedeu, care nu se găsesc în stare finită în natură? Pe ce proprietăți ale bicarbonatului de sodiu se bazează separarea lui de clorura de amoniu care se formează concomitent?

747. Ce este carbonatul de potasiu, cum se obține și în ce industrii se întrebuințează? Cum se obtine carbonatul de potasiu dacă se dispune de următoarele produse: K_2SO_4, $Ba(OH)_2$, $CaCO_3$ și HCl. Să se scrie ecuațiile reacțiilor care au loc.

748. O soluție concentrată de carbonat de sodiu a fost saturată cu bioxid de carbon. Cristalele care s-au separat au fost filtrate și uscate. Să se arate ce este produsul obținut și să se scrie ecuația reacției.

749. Cum se transformă carbonatul de sodiu în bicarbonat? Cu cîte procente scade în greutate bicarbonatul de sodiu pur prin calcinare? Cîți litri de bioxid de carbon, măsurați la 0° și 760 mm, se pot obține din 210 g bicarbonat de sodiu; a) prin calcinare; b) prin acțiunea acizilor?

750. Să se arate care sînt proprietățile principale ale oxidului de carbon. Din ce clasă de oxizi face parte oxidul de carbon? Cum se obține acesta în stare pură? De ce oxidul de carbon poate să ardă transformîndu-se în bioxid de carbon, în timp ce vaporii de apă nu pot arde, deși s-ar obține un compus mai bogat în oxigen decît apa—peroxidul de hidrogen?

751. În ce cazuri se formează prin ardere oxid de carbon? De ce pericolul de asfixie prin închiderea cuptoarelor scade pe măsură ce se micșorează incandescența cărbunilor? Să se denumească cele mai importante varietăți de combustibili gazoși în compoziția cărora intră oxidul de carbon.

752. Cunoscîndu-se căldurile de formare a oxidului de carbon (29,7 kcal) și a vaporilor de apă (57,8 kcal), să se arate că procesul de obținere a gazului de generator trebuie să fie însoțit de degajare de căldură, iar procesul de obținere a gazului de apă, de absorbție de căldură.

753. Ce cantitate de căldură se degajă prin arderea a 1 m^3 gaz de iluminat, cu următoarea compoziție în volume: 50% H_2, 35% CH_4, 8% CO, 2% C_2H_4 și 5% substanțe necombustibile?

754. Să se facă o scurtă caracterizare a siliciului, arătînd: a) structura atomului și valențele sub care poate să apară; b) proprietățile

Scanned with OKEN Scanner

chimice ale siliciului; c) formula celor mai simple hidruri de siliciu; d) caracteristicile bioxidului de siliciu și comportarea lui față de apă, acizi și baze.

755. Sub ce formă se întîlnește siliciul în natură și care sînt cei mai importanți silicați ? Care dintre silicați este cel mai răspîndit în natură ? Să se scrie sub formă de oxizi formulele următorilor silicați naturali; $H_2Mg_3Si_4O_{12}$ (talc); $Na_2Al_2Si_6O_{16}$ (albit); $CaAl_2Si_2O_8$ (anortit).

756. Ce producții cuprinde industria silicaților și care sînt silicații naturali cei mai importanți, utilizați în industrie ? Cum se obține sticla și cimentul ? Ce este carborundul, cum se obține și la ce se utilizează?

757. Ce silicați se pot fabrica din nisip, carbonat de calciu, hidroxid de sodiu și hidroxid de potasiu ? Să se scrie formulele și ecuațiile reacțiilor de obținere a lor din substanțele arătate.

758. Cum se obține sticla de cuarț și ce avantaje are față de sticla obișnuită ? Care este acidul care nu se poate păstra în vase de sticlă obișnuită și nici în vase de cuarț ? De ce ?

6. Metalele din grupa I a sistemului periodic

759. Să se facă o scurtă caracterizare a metalelor alcaline, arătînd: a) poziția lor în sistemul periodic și structura atomilor lor ; b) proprietățile lor fizice caracteristice ; c) proprietățile chimice fundamentale ale metalelor alcaline ; d) comportarea lor față de apă și de oxigenul din aer ; e) oxizii formați de ei, hidroxizii și proprietățile lor.

760. De ce metalele sodiu și potasiu se numesc „metale alcaline"? Care dintre proprietățile lor este la baza acestei denumiri și care este legătura dintre această proprietate și structura atomilor lor ? Să se arate care sînt cei mai importanți compuși naturali ai potasiului și sodiului și utilizarea lor practică directă.

761. Prin ce se deosebește metoda electrolitică de obținere a metalelor alcaline de metoda electrolitică de obținere a hidroxizilor alcalini ? Care sînt procesele chimice care au loc în ambele cazuri ? Să se scrie ecuațiile acestor procese și să se arate utilizările cele mai importante ale sodiului metalic și ale hidroxidului de sodiu.

762. Metalele alcaline sînt reducătoare foarte energice. În ce legătură este această proprietate cu structura atomilor lor ? Cum se manifestă capacitatea puternică de reducere a metalelor alcaline cînd reacționează cu acid azotic diluat ? Dar cînd reacționează cu hidrogen ? Să se motiveze răspunsurile cu ajutorul ecuațiilor reacțiilor respective.

763. Să se arate două metode tehnice de obținere a hidroxidului de sodiu și produsele secundare rezultate. Să se scrie ecuațiile chimice ale reacțiilor care au loc la obținerea NaOH prin ambele metode.

764. Cum se poate obține hidroxid de potasiu, hipoclorit de potasiu și clorat de potasiu prin electroliza soluțiilor de clorură de potasiu ? Să se scrie ecuațiile care au loc în aceste reacții chimice.

765. De ce hidroxizii alcalini trebuie ținuți în vase bine închise ? În ce se pot transforma treptat, dacă vasele nu sînt bine închise ?

766. Ce substanțe se obțin prin saturarea soluțiilor de hidroxid de sodiu : a) cu clor ; b) cu bioxid de sulf ; c) cu bioxid de carbon ; d) cu hidrogen sulfurat ? Să se scrie ecuațiile reacțiilor care au loc.

Scanned with OKEN Scanner

767. Hidroxidul de sodiu comercial conține însemnate cantități de carbonat de sodiu. Cum se poate observa aceasta ? Cum se poate elibera soluția de hidroxid de sodiu de impuritățile de carbonat de sodiu ? Să se arate ecuațiile reacțiilor care au loc.

768. Prin păstrarea îndelungată a soluțiilor de hidroxid de sodiu în vase de sticlă, sticla se corodează vizibil. Să se explice acest fenomen, arătîndu-se ecuația reacției.

769. Prin ce se deosebește, în mod esențial, reacția metalelor alcaline cu hidrogenul, de reacția halogenilor cu hidrogenul ? Să se dea cîte un exemplu din fiecare reacție, prezentîndu-l din punctul de vedere al oxido-reducerii.

770. La neutralizarea acizilor tari se înlocuiește deseori hidroxidul de sodiu cu carbonatul de sodiu. Să se calculeze cîte grame Na_2CO_3 sînt necesare pentru a înlocui 100 g NaOH. Ce săruri de sodiu pot înlocui NaOH, ținînd seama numai de legarea ionilor de hidrogen ?

771. Hidrura de sodiu reacționează cu apa degajînd hidrogen și formînd hidroxid de sodiu. Să se scrie ecuația reacției, notînd ionii care se oxidează și cei care se reduc și să se afle efectul termic al reacției. căldura de formare a hidrurii fiind 13,1 kcal, iar căldura de formare a hidroxidului de sodiu 122 kcal.

772. Să se arate deosebirile dintre proprietățile chimice ale metalelor alcaline și cele ale metalelor subgrupei cuprului, din punctul de vedere al comportării față de aer, apă, acizi diluați, al tăriei bazelor formate și al proprietăților reducătoare. Cum se pot explica aceste diferențe ?

773. Să se scrie formulele oxidului, clorurii și sulfurii cuprului monovalent și bivalent. Cum se obține clorura cuproasă din clorura cuprică ? Să se arate ecuația reacției, notînd oxidantul și reducătorul.

774. Cum se realizează rafinarea electrolitică a cuprului ? De ce fierul, nichelul, zincul, plumbul și staniul, conținute în cuprul brut, deși trec în soluție, nu se depun la catod ? Să se scrie ecuațiile proceselor care au loc la anod și la catod și să se calculeze cît timp este necesar pentru obținerea a 1 kg cupru pur la o intensitate a curentului electric de 200 A.

775. Aproape toți compușii de cupru insolubili în apă se dizolvă ușor în apă amoniacală și în soluțiile cianurilor metalelor alcaline, în urma formării de complecși. Să se exprime prin ecuații ionice reacțiile de dizolvare a CuCl, $Cu_3(PO_4)_2$, $CuHAsO_3$ în amoniac și în soluție de cianură de potasiu, ținînd seama că cifra de coordinație a cuprului monovalent este 2, iar a celui bivalent 4.

776. Dacă se diluează puternic cu apă o soluție amoniacală de hidroxid de cupru, se formează un precipitat de hidroxid de cupru. Să se explice acest fenomen, ținînd seama de echilibrele ce există în soluție.

777. Cum se poate explica faptul că prin acțiunea NaCl asupra unei soluții a sării compleze $K[Ag(CN)_2]$ nu se obține un precipitat de AgCl, în timp ce Na_2S, cu aceeași soluție dă un precipitat de Ag_2S? Să se exprime ultima reacție printr-o ecuație ionică.

778. Pentru determinarea conținutului de argint din monedele de argint, s-a dizolvat în acid azotic o probă de monedă de 0,3 g, iar din soluția obținută s-a precipitat argintul cu acid clorhidric. Greutatea precipitatului după spălare și uscare a fost 0,199 g. Să se calculeze cantitatea de argint, în procente, din monede.

Scanned with OKEN Scanner

7. Metalele din grupa II a sistemului periodic

779. Să se caracterizeze pe scurt metalele alcalino-pămîntoase arătînd : a) originea nomenclaturii „alcalino-pămîntoase" ; b) structura atomilor lor și valența compușilor ; c) activitatea chimică a metalelor și comportarea față de apă și aer ; d) caracterul oxizilor și hidroxizilor formați

Pot ionii metalelor alcalino-pămîntoase să joace rol de reducători în orice reacții ? Să se justifice răspunsul.

780. În ce se transformă calciul prin ardere în aer ? De ce prin înmuierea cu apă a produsului obținut se degajă o cantitate mare de căldură și se simte miros de amoniac ? Ce reacții chimice au loc ?

781. Cum se obține var nestins ? În ce constă procesul de stingere al varului ? Să se scrie ecuațiile reacțiilor care au loc și să se calculeze cantitatea de căldură care se degajă la stingerea a 1 kg var, căldura de formare a varului stins din elemente fiind 235,5 kcal.

782. De ce varul pierde proprietățile sale prin conservare îndelungată în aer ? Să se arate, prin ecuații, schimbările care au loc.

783. Care compuși ai metalelor grupei II se utilizează în construcții ca lianți ? Cum se obțin și cui se datorește proprietatea lor liantă ? Să se motiveze răspunsul cu ajutorul ecuațiilor reacțiilor corespunzătoare.

784. Prin dizolvarea în acid a 5 g var stins, care conține impurități de $CaCO_3$, s-au degajat 140 ml gaz, măsurat în condiții normale. Cîte procente de $CaCO_3$ a conținut varul ?

785. Hidrura de calciu arde în aer și reacționează cu apă degajînd hidrogen. Să se scrie ecuațiile reacțiilor care au loc și să se arate ce se oxidează și ce se reduce în ambele cazuri.

786. Cum se obține magneziul metalic și la ce se utilizează cel mai mult ? Care dintre metalele grupei II nu pot fi obținute prin electroliza soluțiilor apoase ale sărurilor lor ? De ce ? Să se indice procesele chimice care au loc la electroliza soluției apoase de $MgCl_2$.

787. Hidroxidul de magneziu se dizolvă în soluție de clorură de amoniu, dar nu se dizolvă în soluție de clorură de sodiu sau de potasiu. Să se explice acest fenomen pe baza condițiilor de dizolvare a precipitatelor.

788. Să se facă o scurtă caracterizare a elementelor subgrupei zincului, arătînd : a) structura atomilor lor ; b) valența în compuși ; c) activitatea în comparație cu metalele alcalino-pămîntoase ; d) oxizii și hidroxizii care se formează și caracteristicile lor ; e) comportarea față de apă, acizi și baze.

Care metal din subgrupa zincului are caracterele metalice exprimate cel mai slab ? Prin ce se manifestă această caracteristică ?

789. Să se arate care sînt metodele folosite în metalurgie la fabricarea zincului din compusul lui natural, ZnS, și să se exprime prin ecuații toate procesele chimice care au loc.

790. La barbotarea hidrogenului sulfurat printr-o soluție de clorură de zinc $ZnCl_2$, se precipită o cantitate foarte mică de sulfură de zinc, deoarece ZnS fiind solubilă în acid clorhidric reacția nu merge pînă la capăt. Dacă la soluție se adaugă în prealabil acetat de sodiu, zincul este precipitat complet de hidrogenul sulfurat, sub formă de ZnS. Să se explice acest fenomen.

Scanned with OKEN Scanner

791. Mercurul metalic conține adesea impurități ale metalelor așa-numite „nenobile", cum sînt zincul, staniul și plumbul. Pentru îndepărtarea lor se agită mercurul cu o soluție saturată de sulfat de mercur $HgSO_4$. Pe ce se bazează o astfel de metodă de purificare? Să se scrie ecuațiile reacțiilor care au loc.

792. Cu care dintre soluțiile substanțelor enumerate mai jos va reacționa mercurul?

$$HCl,\ HNO_3,\ NaOH,\ AgNO_3,\ CuCl_2,\ ZnCl_2.$$

Să se scrie ecuațiile reacțiilor care au loc.

793. Să se arate dacă substanțele, care se formează prin acțiunea soluției de hidroxid de sodiu în exces asupra sărurilor $ZnCl_2$, $CdCl_2$ și $HgCl_2$ aparțin aceleiași clase de combinații chimice.

Să se scrie ecuațiile ionice ale reacțiilor care au loc.

794. O bucată de alamă se dizolvă în acid azotic și soluția se împarte în două părți. Într-una dintre ele se toarnă un exces de amoniac, iar în cealaltă un exces de hidroxid alcalin. Să se arate dacă zincul și cuprul se găsesc în soluție sau în precipitat după adăugarea amoniacului și după adăugarea excesului de hidroxid alcalin și să se precizeze ce compuși s-au format.

8. Duritatea apei

Duritatea apei naturale depinde de prezența sărurilor metalelor bivalente, mai ales bicarbonați și sulfați de calciu, de magneziu și de asemenea de fier. Duritatea, datorită prezenței în apă a bicarbonaților, se numește duritatea *temporară*, spre deosebire de duritatea *permanentă*, provocată de sulfați, cloruri și de alte săruri. Suma durității temporare și permanente formează duritatea *totală* a apei.

În U.R.S.S., duritatea apei se apreciază prin suma echivalenților-miligram de ioni de calciu și magneziu pe care îi conține 1 l de apă *). Dacă duritatea apei este 1 mval, aceasta înseamnă că 1 l de apă conține 1 mval, ioni de calciu sau magneziu, sau ceea ce este identic, 1 mval $Ca(HCO_3)_2$ sau $CaSO_4$, sau, corespunzător $Mg(HCO_3)_2$ și $MgSO_4$.

În U.R.S.S., pînă în anul 1952, duritatea apei se măsura în grade de duritate, care exprimau numărul de grame de oxid de calciu din 100 l apă. Conținutul în magneziu și în alte metale bivalente se recalculează în cantități echivalente de CaO. Transformat în unități moderne de duritate, 1 grad

*) Să se țină seama că „echivalent-miligram" (mval) se numește cantitatea de substanță, egală numeric cu echivalentul ei și exprimată în miligrame.

de duritate este egal cu 0,357 mval de ioni de calciu sau magneziu.

Una dintre metodele pentru determinarea durității apei este titrarea unui volum determinat de apă cu o soluție de acid clorhidric de concentrație cunoscută. Se folosesc, de asemenea, și metode gravimetrice de determinare a durității apei. Îndepărtarea durității se rezumă de obicei la eliminarea din apă a ionilor $Ca^{\cdot\cdot}$ și $Mg^{\cdot\cdot}$ prin trecerea lor în precipitat, sub formă de săruri insolubile.

În cele ce urmează se dau cîteva exemple pentru calcularea durității apei și calculul cantității de reactanți necesari pentru îndepărtarea ei.

Exemplul 1. La titrarea a 100 ml de apă, în care se găsește bicarbonat de calciu, s-au consumat 2,5 ml soluție 0,12 n de acid clorhidric. Să se determine duritatea apei.

Rezolvare. Pornind de la datele problemei, se determină normalitatea soluției apoase de bicarbonat. Notînd normalitatea soluției cu x, adică numărul de echivalenți-gram de bicarbonat dintr-un litru de apă, se poate scrie proporția:

$$100 : 2,5 = 0,12 : x \text{ sau } 100\,x = 2,5 \cdot 0,12,$$

de unde

$$x = \frac{0,3}{100} = 0,003 \text{ val.}$$

Deci 1 l de apă conține 3 mval bicarbonat de calciu sau 3 mval ioni $Ca^{\cdot\cdot}$.

Duritatea apei este 3 mval.

Exemplul 2. Cîte grame de carbonat de sodiu Na_2CO_3 trebuie să se adauge la 10 l apă pentru ca să se îndepărteze duritatea ei totală egală cu 4,64 mval?

Rezolvare. Din ecuația reacției:

$$Ca(HCO_3)_2 + Na_2CO_3 = \downarrow CaCO_3 + 2NaHCO_3,$$

$$CaSO_4 + Na_2CO_3 = \downarrow CaCO_3 + Na_2SO_4,$$

rezultă că o moleculă-gram de carbonat de sodiu reacționează cu o moleculă-gram de $Ca(HCO_3)_2$ sau $CaSO_4$. Trecînd de aici la echivalent-miligram, se găsește că 1 mval de carbonat de sodiu reacționează cu 1 mval de $Ca(HCO_3)_2$ sau $CaSO_4$, adică cu 1 mval de ioni $Ca^{\cdot\cdot}$.

Deoarece greutatea moleculară a carbonatului de sodiu este 106, iar echivalentul lui este egal cu jumătate din greu-

Scanned with OKEN Scanner

tatea moleculară, 1 mval de carbonat de sodiu va cîntări 53 mg. În 10 l apă sînt 4,64 · 10=46,4 mval de ioni $Ca^{\cdot\cdot}$. Cantitatea de carbonat de sodiu (x) necesară pentru îndepărtarea durității, se află din proporția:

$$x : 53 = 46.4 : 1;\ \text{de unde}\ x = 53 \cdot 46.4 = 2\,459.2\ \text{mg} = 2{,}46\ \text{g}.$$

Exemplul 3. Să se calculeze duritatea permanentă a apei, știind că pentru îndepărtarea ionilor de calciu care se află în 50 l apă, a fost necesar să se adauge 10,8 g borax anhidru.

Rezolvare. Prin acțiunea boraxului asupra apei care conține $CaSO_4$, se precipită în urma reacției ionii $Ca^{\cdot\cdot}$:

$$CaSO_4 + Na_2B_4O_7 = \downarrow CaB_4O_7 + Na_2SO_4.$$

Din ecuația reacției rezultă că, pentru precipitarea ionilor de calciu sub formă de CaB_4O_7, la 1 val $CaSO_4$, adică la 1 val de ioni $Ca^{\cdot\cdot}$, trebuie să se ia 1 val $Na_2B_4O_7$ sau 1 mval ioni $Ca^{\cdot\cdot}$ —1 mval borax.

Greutatea moleculară a boraxului este 202; deci, 1 mval borax cîntărește 101 mg. Pentru percipitarea ionilor $Ca^{\cdot\cdot}$, care se găsesc în 50 l apă, s-au consumat 10,8 g sau 10 800 mg borax. Cantitatea de echivalenți-miligram de ioni $Ca^{\cdot\cdot}$ din 50 l apă se determină din proporția:

$$x : 1 = 10\,800 : 101,\ \text{de unde}\ x = \frac{10\,800}{101} = 107\ \text{mval}.$$

Valoarea găsită reprezintă numărul de echivalenți-miligram de ioni $Ca^{\cdot\cdot}$ conținuți în 50 l apă. De aici, rezultă:

$$\text{duritatea apei} = \frac{107}{50} = 2{,}14\ \text{mval}.$$

PROBLEME

795. Să se denumească sărurile care, fiind prezente în apă naturală, provoacă duritatea apei. De ce utilizarea apei dure la spălarea rufelor provoacă un consum mare de săpun? Să se arate dacă prezența $CaCl_2$ în apă influențează asupra consumului de săpun.

796. De ce duritatea datorită prezenței în apă a $Ca(HCO_3)_2$ sau $Mg(HCO_3)_2$ se numește temporară? Ce reacții chimice au loc: a) la fierberea apei dure care conține $Ca(HCO_3)_2$; b) la adăugarea în apă a carbonatului de sodiu; c) la adăugarea în apă a NaOH?

797. Duritatea temporară și cea permanentă pot fi îndepărtate prin adăugarea carbonatului de sodiu în apă. Să se arate dacă, pentru același scop, carbonatul de sodiu poate fi înlocuit cu: a) carbonat

Scanned with OKEN Scanner

de potasiu ; b) hidroxid de bariu, bine dizolvat în apă. Să se motiveze răspunsul cu ecuațiile reacțiilor.

798. Care este duritatea unei ape dacă, pentru îndepărtarea ei, s-au folosit 15,9 g carbonat de sodiu la 100 l apă ?

799. Să se arate prin introducerea căror ioni în apa naturală se poate îndepărta : a) duritatea temporară a apei ; b) duritatea permanentă a apei ?

800. Cîte grame de var stins trebuie să se adauge la 1 000 l apă, pentru a îndepărta duritatea temporară a acesteia care este 2,86 mval ?

801. Să se calculeze duritatea temporară a apei, știind că la titrarea bicarbonatului din 100 ml apă s-au consumat 5 ml soluție 0,1 n de HCl.

802. Apa care conține numai bicarbonat de calciu are duritatea egală cu 1,785 mval. Să se determine cantitatea de bicarbonat dintr-un litru din această apă.

803. Care este duritatea temporară a apei care conține 0,146 g bicarbonat de magneziu într-un litru ?

804. Să se calculeze duritatea permanentă a apei, știind că pentru îndepărtarea ionilor $Ca^{\cdot\cdot}$, care se află în 50 l apă, este necesar să se adauge 10,8 g borax anhidru.

805. Prin analiză s-a stabilit că într-un litru de apă se găsesc 42 mg ioni $Mg^{\cdot\cdot}$ și 112 mg ioni $Ca^{\cdot\cdot}$. Să se calculeze duritatea totală a apei.

9. Metalele din grupa III și IV a sistemului periodic

806. Să se facă o scurtă caracterizare a borului, arătînd : a) poziția lui în sistemul periodic, structura atomului și valența în compuși ; b) caracterul oxidului său ; c) cei mai importanți compuși ai borului.

807. Pe ce se bazează utilizarea boraxului la lipituri ? Să se exprime prin ecuații reacțiile care au loc la topirea boraxului cu oxizii : CuO, Fe_2O_3 și NiO.

808. Să se exprime prin ecuații toate schimbările pe care le suferă acidul boric prin încălzire. Ce sare se obține prin reacția soluției de $Ba(OH)_2$ cu acid boric ?

809. Să se caracterizeze pe scurt aluminiul, arătînd: a) structura atomului ; b) valența în compuși ; c) comportarea față de apă, acizi, baze ; d) caracterul oxidului și hidroxidului. Care sînt factorii care determină slabele proprietăți bazice ale hidroxidului de aluminiu ?

810. Care compuși naturali sînt folosiți la obținerea aluminiului ? Să se arate ecuațiile proceselor care au loc la anod și catod la obținerea lui. Să se enumere cele mai dese întrebuințări ale aluminiului.

811. Pentru purificarea bauxitei de impuritățile de Fe_2O_3, bauxita se topește cu hidroxid de sodiu. Topitura se tratează cu apă, iar soluția se filtrează și se trece prin ea bioxid de carbon. Precipitatul format se filtrează și se calcinează. Să se exprime prin ecuații toate reacțiile care au loc și să se arate în ce stadiu al procesului se separă fierul de aluminiu.

812. De ce aluminiul, care se găsește în seria tensiunilor mult mai la stînga decît hidrogenul, nu înlocuiește hidrogenul din apă, dar îl înlocuiește imediat dintr-o soluție apoasă alcalină ? Ce rol joacă

Scanned with OKEN Scanner

hidroxidul alcalin în acest caz ? Să se scrie ecuațiile diverselor stadii ale procesului și să se calculeze cît aluminiu se consumă pentru a degaja 1 l hidrogen.

813. Prin acțiunea sulfurilor metalelor alcaline asupra soluțiilor sărurilor de aluminiu se obține hidroxidul de aluminiu. Să se explice de ce se formează hidroxid și nu sulfură de aluminiu și să se scrie ecuația.

814. Să se explice de ce, prin adăugarea cîtorva picături de soluție a unei sări de aluminiu la o soluție alcalină, nu se obține nici un precipitat, pe cînd prin adăugarea cîtorva picături de hidroxid alcalin la o soluție de sare de aluminiu se formează un precipitat. Care este compoziția precipitatului ? Să se scrie ecuațiile reacțiilor care au loc în ambele cazuri.

815. Să se arate cum se obține din alaunii alumino-amoniacali : a) amoniac ; b) hidroxid de aluminiu ; c) sulfat de bariu ; d) aluminat de potasiu ? Să se scrie în formă ionică ecuațiile reacțiilor corespunzătoare.

816. Să se explice identitatea perfectă a proprietăților chimice ale lantanidelor. După cum se știe, lantanidele sînt așezate într-o singură căsuță a sistemului periodic. Să se arate dacă din această cauză lantanidele pot fi socotite izotopi și să se justifice răspunsul.

817. Să se arate care sînt metalele grupei IV asemănătoare cu carbonul, din punctul de vedere al structurei atomului. și să se enumere oxizii și hidroxizii formați. Prin ce se manifestă proprietățile lor metaloidice și la care dintre ele sînt mai puternice ?

818. Să se descrie proprietățile mai importante ale staniului metalic : greutatea specifică, punctul de topire, comportarea față de apă, aer și acizi. De ce, fiind acoperit cu cositor (spoit) fierul ruginește repede în locurile unde s-a deteriorat stratul superficial ?

819. Să se stabilească ecuațiile reacțiilor care decurg după schemele:

$$SnCl_2 + FeCl_3 \rightarrow SnCl_4 + FeCl_2$$

$$SnCl_2 + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow$$

$$\rightarrow Sn(SO_4)_2 + SnCl_4 + Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + H_2O,$$

și să se cerceteze din punctul de vedere al oxido-reducerii. La ce proprietate a ionilor de staniu bivalenți se referă aceste reacții ?

820. Cum se obține, pornind de la staniu metalic, tiostanat de sodiu ? Să se scrie ecuațiile moleculare și ionice ale reacțiilor necesare obținerii. Să se arate care dintre elementele cunoscute dau ușor tiosăruri și cum se obține din tiosăruri, tioanhidrida acidului corespunzător.

821. Să se indice constantele fizice cele mai importante (greutate specifică și punct de topire) ale plumbului, comportarea față de apă, aer și acizi. De ce plumbul nu se dizolvă în acid clorhidric și în acid sulfuric diluat, deși în seria tensiunilor este situat la stînga hidrogenului ? Să se arate întrebuințările cele mai importante ale plumbului.

822. Aliajul plumbului cu staniul se încălzește cu HNO_3 concentrat pînă ce reacția s-a terminat. Precipitatul insolubil s-a filtrat, uscat și calcinat. Care este compoziția lui ? Ce se găsește în soluție ?

823. Să se arate dacă PbO_2 poate fi numit peroxid de plumb. Să se argumenteze răspunsul, pornind de la proprietățile acestui oxid.

824. Să se arate sărurile care se obțin prin topirea bioxidului de plumb ; a) cu oxid de calciu ; b) cu hidroxid de sodiu. Să se dea

Scanned with OKEN Scanner

numele lor și să se scrie ecuațiile reacțiilor de formare. Ce este plumbul în aceste săruri, metal sau metaloid ?

825. De ce oxizii Pb_2O_3 și Pb_3O_4 se numesc micști ? La ce clasă de compuși ar fi mai just să fie trecuți ? Să se motiveze răspunsul, arătînd ecuațiile reacțiilor care au loc prin acțiunea acidului azotic diluat asupra acestor oxizi.

826. Ținînd seama de caracterul salin al oxizilor Pb_2O_3 și Pb_3O_4, și știind cum reacționează bioxidul de plumb cu acid clorhidric, să se arate ecuațiile reacțiilor dintre cei doi oxizi de mai sus și acidul clorhidric.

10. Metalele din grupa VI, VII și VIII a sistemului periodic

827. Să se facă o scurtă caracterizare chimică a cromului, arătînd : a) poziția lui în sistemul periodic și structura atomului ; b) comportarea față de aer, apă și acizi ; c) oxizii și hidroxizii cromului și caracteristicile lor.

De ce la crom predomină proprietățile metalice, în timp ce sulful care este în aceeași grupă cu el este metaloid tipic ?

828. Pentru care compuși ai cromului sînt caracteristice proprietățile oxidante ? Să se dea un exemplu de reacție în care apar aceste proprietăți. Cum se schimbă valența cromului în urma acestor reacții?

829. La o soluție de sulfat de crom se adaugă o soluție de alcalii în exces, iar la lichidul obținut se adaugă cu picătura apă de brom, pînă cînd culoarea verde a lichidului a virat în galben. Să se arate ecuațiile reacțiilor care au avut loc.

830. Cum se prepară alaunul de crom și potasiu, pornind de la bicromat de potasiu, și care sînt ecuațiile reacțiilor ce trebuie realizate ? Cîte grame bicromat de potasiu sînt necesare pentru a obține 1 kg alaun ?

831. Toți compușii solubili ai seriei de oxizi de crom se oxidează ușor în soluții alcaline, trecînd în săruri ale acidului cromic (cromiții trec în cromați). Să se arate ecuațiile reacțiilor care au loc, luînd ca oxidanți: a) clorul; b) apa oxigenată.

832. Prin fierberea unei soluții de cromit de sodiu și, de asemenea, prin adăugarea unei soluții de clorură de amoniu se depune un precipitat de hidroxid de crom. Să se explice cauza formării precipitatului în ambele cazuri și să se motiveze răspunsul prin ecuații.

833. Cum se obține anhidrida cromică din clorura cromică $CrCl_3$? Să se scrie ecuațiile reacțiilor care ar avea loc.

834. La barbotarea hidrogenului sulfurat printr-o soluție de bicromat de potasiu acidulată cu acid sulfuric, culoarea portocalie a soluției trece treptat în verde și, în același timp, se depune sulf. Să se explice schimbarea culorii și să se scrie ecuațiile reacțiilor care au loc.

835. Cîți litri de clor se degajă în reacția dintre 1 mol bicromat de potasiu și un exces de acid clorhidric ? Ce compuși de crom se obțin ?

836. Cu care dintre elementele perioadei a treia se aseamănă cromul : a) în compușii unde el este trivalent ; b) în compușii unde el este hexavalent ? Prin ce se manifestă această asemănare ?

837. Cum se prepară metalele molibden și wolfram din compușii lor ? Să se arate cele mai importante utilizări practice ale acestor metale.

Scanned with OKEN Scanner

838. Să se facă o scurtă caracterizare chimică a manganului, arătînd : a) poziția lui în sistemul periodic și structura atomului ; b) oxizii și hidroxizii de mangan și caracterul lor ; c) proprietățile compușilor oxigenați superiori ai manganului.

Să se dea cîte un exemplu de sare care corespunde la fiecare dintre treptele de valență ale manganului

839. Care compus de mangan este cel mai răspîndit în natură ? Cum se obține manganul pe cale artificială, pornind de la : a) $MnCl_2$; b) $KMnO_4$?

840. Cum se obține permanganat de potasiu, pornind de la bioxid de mangan și folosind ca oxidant cloratul de potasiu ? Să se arate ecuațiile reacțiilor care au loc.

841. La soluțiile sărurilor : K_2CrO_4, K_2SO_4, K_2SeO_4 și K_2MnO_4 se adaugă o cantitate oarecare de acid sulfuric. În care dintre soluții au loc reacții ? Să se scrie ecuațiile acestor reacții.

842. Care este proprietatea cea mai caracteristică a permanganaților ? Să se arate ecuațiile reacțiilor care au loc la acțiunea $KMnO_4$ asupra K_2S în soluție neutră și asupra KJ în soluție acidulată cu acid sulfuric.

843. Cîte grame de permanganat de potasiu sînt necesare pentru oxidarea a 7,6 g $FeSO_4$ în soluție neutră și în soluție acidă ?

844. În care grupă a sistemului periodic se află fierul ? Să se arate structura atomului lui, valența și compușii, comportarea față de apă și acizi, cum și oxizii și hidroxizii formați și caracterul lor.

845. Ce compuși de fier sînt mai stabili, cei ferici sau cei feroși ? Cum se poate transforma o sare trivalentă într-una bivalentă și invers? Să se dea un exemplu din ambele feluri de reacții.

846. La obținerea fierului din magnetit, una dintre reacțiile care au loc în furnal este :

$$Fe_3O_4 + CO \rightleftarrows 3FeO + CO_2.$$

Să se calculeze efectul termic al acestei reacții, căldura de formare a Fe_3O_4 fiind 266,8 kcal și a FeO, 64,6 kcal. În ce sens se deplasează echilibrul la creșterea temperaturii ?

847. Ce temperatură trebuie să se obțină teoretic (neținînd seama de pierderile prin radiere, încălzirea creuzetului etc.) la reducerea oxidului de fier cu aluminiu, dacă se ia căldura specifică medie a produselor reacției 0,18 ? Căldura de formare a Fe_2O_3 este 195 kcal, iar căldura de formare a Al_2O_3 este 393 kcal.

848. Ce fapte dovedesc că hidroxidul feric este o bază slabă ? De ce prin acțiunea carbonatului de sodiu asupra soluției de $FeCl_3$, în loc de carbonat de fier, se formează hidroxid feric ? Să se arate ecuația reacției care are loc, împărțind-o în două faze.

849. În industrie, hidroxidul de sodiu se obține uneori prin calcinarea carbonatului de sodiu anhidru cu oxid de fier. Prin tratarea topiturii cu apă fierbinte se formează hidroxid de sodiu, care trece în soluție, și oxid de fier. Știind că Fe_2O_3 are slabe proprietăți acide, să se explice acest procedeu și să se stabilească ecuațiile reacțiilor care au loc la prepararea NaOH.

850. Pentru determinarea conținutului în $FeSO_4$ al unei soluții de sulfat de fier, s-au măsurat 10 ml soluție într-un pahar, s-a acidulat cu acid sulfuric și s-a adăugat picătură cu picătură o soluție 0,02 m de permanganat de potasiu, pînă cînd picătura din lichid nu s-a mai

Scanned with OKEN Scanner

colorat în roz. Ce arată apariția culorii roz ? Cîți moli de $FeSO_4$ conține 1 l din soluția cercetată, dacă pentru apariția culorii roz s-au folosit 30 ml soluție permanganat?

851. Care sînt ionii conținuți în soluția de $Ba_2[Fe(CN)_6]$? Care dintre substanțele de mai jos reacționează în soluție cu $Ba_2[Fe(CN_6]$? :

$$Na_2SO_4,\ NaOH,\ FeCl_3,\ Br_2,\ Cu(NO_3)_2,\ CaCl_2.$$

Să se exprime prin ecuații ionice reacțiile care au loc.

852. Cum se obține albastrul de Berlin din următoarele materii prime: sulfat feros, acid azotic și cianură de potasiu? Să se scrie ecuațiile reacțiilor care duc la formarea albastrului de Berlin din substanțele arătate.

853. Dacă niște picături de hidroxid alcalin cad pe o țesătură colorată cu albastru de Berlin, pe țesătură apar pete brune care dispar prin înmuiere în acid clorhidric diluat. Să se explice acest fenomen și să se scrie ecuațiile reacțiilor care au loc.

854. Soluția de sulfat de cobalt $CoSO_4$ dă prin încălzire cu alcaliile un precipitat roz-murdar, iar cu o soluție de sulfat de nichel $NiSO_4$ — un precipitat slab-verzui. Prin acțiunea bromului, ambele precipitate se colorează în negru. Să se scrie ecuațiile reacțiilor care au loc.

855. Să se stabilească ecuațiile reacțiilor care au loc prin acțiunea acidului sulfuric asupra $Ni(OH)_3$, și prin acțiunea acidului clorhidric asupra Co_2O_3. Care dintre oxizii cunoscuți reacționează analog cu acidul clorhidric ?

11. Întrebări și probleme suplimentare

856. Ce sînt următoarele substanțe mult întrebuințate : șmirghelul, ghipsul, soda, boraxul, salpetrul, potasa ? Să se arate nomenclatura lor chimică, formula și utilizările.

857. Ce sînt următorii compuși ai metalelor, utilizați ca vopsele : albul de zinc, albul de plumb, verdele de crom, albastrul de Berlin ? Să se scrie formulele lor.

858. Să se arate utilizările practice, în stare liberă sau în compuși, ale metalelor vanadiu, molibden și wolfram, care joacă un mare rol în tehnica modernă.

859. Să se scrie formulele și să se arate utilizările principale practice ale următoarelor substanțe : sticlă solubilă, carborund, clorură de var, alauni, sare Glauber, sublimat.

860. Care dintre metalele cele mai răspîndite formează acizi oxigenați ? Să se scrie denumirile și formulele acizilor respectivi și să se dea exemple de săruri formate de ei. Să se arate proprietățile oxidante sau reducătoare ale acestor acizi.

861. Care sînt hidroxizii amfoteri cei mai importanți și mai răspîndiți ai metalelor ? Cum se disociază hidroxizii amfoteri ? Cum se determină practic dacă hidroxidul respectiv este amfoter ? Să se scrie ecuațiile reacțiilor care arată că hidroxidul de staniu bivalent este amfoter.

Scanned with OKEN Scanner

862. Să se enumere metalele polivalente cele mai importante. Să se indice valențele sub care apar, formulele oxizilor și hidroxizilor care dau săruri și caracteristicile lor. Cum se schimbă însușirile oxizilor și hidroxizilor metalului polivalent, cu creșterea valenței ?

863. Să se arate pentru fiecare dintre metalele de mai jos care sînt compușii naturali cei mai importanți, din care acestea se pot obține :

Zn, Hg, Al, Sn, Pb, Cr, Mn.

864. Prin ce se manifestă proprietățile metaloidice la elementele următoare considerate ca metale : Sn, Cr, Mn ? Să se arate în care dintre sărurile de mai jos, aceste elemente au rol de metaloid și în care de metal :

$SnCl_2$, K_2SnO_2, Na_2SnO_3, $KCrO_2$, K_2CrO_4,

$KCr(SO_4)_2$, $Cr_2(SO_4)_3$, $Mn(NO_3)_2$, $KMnO_4$, Na_2MnO_4.

865. Să se arate toți ionii metalelor care pot lua parte la reacții ca reducători. Să se dea exemple de reacții în care apar proprietățile reducătoare.

866. Ce gaze se pot obține folosind substanțele :

H_2SO_4, NaOH, NH_4Cl, Na_2SO_3, MnO_2.

Să se scrie ecuațiile reacțiilor de obținere a acestor gaze.

867. Să se arate care dintre substanțele în soluții : NaOH, Na_2SO_3 și $K_2Cr_2O_7$ pot fi utilizate pentru absorbția de SO_2, CO_2, Cl_2 și H_2S. Să se scrie ecuațiile reacțiilor care au loc.

868. Să se dea exemple de reacții în care atomii de hidrogen azot și sulf, joacă rol de oxidanți, și reacții în care ei sînt reducători.

869. Care dintre hidroxizii de mai jos se dizolvă în alcalii :

$Mg(OH)_2$, $Zn(OH)_2$, $Cd(OH)_2$, $Sn(OH)_2$,

$Pb(OH)_2$, $Mn(OH)_2$, $Fe(OH)_2$, $Ni(OH)_2$,

$Al(OH)_3$, $Bi(OH)_3$, $Cr(OH)_3$, $Fe(OH)_3$.

Să se arate ecuațiile reacțiilor care au loc.

870. Să se arate dacă se poate prepara o soluție care să conțină în același timp ionii :

$Sn^{\cdot\cdot}$ și $Hg^{\cdot\cdot}$; $Sn^{\cdot\cdot}$ și $Fe^{\cdot\cdot}$; $Sn^{\cdot\cdot}$ și $Fe^{\cdot\cdot\cdot}$;

SO_3'' și MnO_4' ; Cr_2O_7'' și SO_4''.

Să se explice ce combinații nu sînt posibile și pentru care motiv.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 1

Presiunea vaporilor de apă la temperaturile de la 0 pînă la 100°
(în mm col. Hg)

t	*p*	*t*	*p*	*t*	*p*
0	4,58	18	15,47	40	55,16
1	4,93	19	16,47	45	71,68
3	5,69	20	17,52	50	92,35
5	6,56	21	18,63	55	117,90
7	7,53	22	19,80	60	149,32
9	8,62	23	21,03	65	187,53
10	9,22	24	22,33	70	233,8
11	9,86	25	23,71	75	289,3
12	10,53	26	25,16	80	355,4
13	11,24	27	26,68	85	433,7
14	11,99	28	28,28	90	525,8
15	12,79	29	29,96	95	633,9
16	13,63	30	31,73	100	760,0
17	14,52	35	42,04		

Tabela 2

Greutatea specifică a soluţiilor cîtorva alcalii la 18°

%	KOH	NaOH	NH_3	%	KOH	NaOH	NH_3
4	1,033	1,046	0,983	32	1,310	1,352	0,893
6	1,048	1,069	0,973	34	1,334	1,374	0,889
8	1,065	1,092	0,967	36	1,358	1,395	0,884
10	1,082	1,115	0,960	38	1,384	1,416	—
12	1,100	1,137	0,958	40	1,411	1,437	—
14	1,118	1,159	0,946	42	1,437	1,458	—
16	1,137	1,181	0,939	44	1,460	1,478	—
18	1,156	1,203	0,932	46	1,485	1,499	—
20	1,176	1,225	0,926	48	1,511	1,519	—
22	1,196	1,247	0,919	50	1,538	1,540	—
24	1,217	1,268	0,913	52	1,564	1,560	—
26	1,240	1,289	0,908	54	1,590	1,580	—
28	1,263	1,310	0,903	56	1,616	1,601	—
30	1,286	1,332	0,898	58	—	1,622	—
				60	—	1,643	—

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 3

Greutatea specifică a soluțiilor apoase a cîtorva acizi la 18°

%	H_2SO_4	HNO_3	HCl	%	H_2SO_4	HNO_3
4	1,027	1,022	1,019	54	1,439	1,340
6	1,040	1,033	1,029	56	1,460	1,351
8	1,055	1,044	1,039	58	1,482	1,362
10	1,069	1,056	1,049	60	1,503	1,373
12	1,083	1,068	1,059	62	1,525	1,384
14	1,098	1,080	1,069	64	1,547	1,394
16	1,112	1,093	1,079	66	1,571	1,403
18	1,127	1,106	1,089	68	1,594	1,412
20	1,143	1,119	1,100	70	1,617	1,421
22	1,158	1,132	1,110	72	1,640	1,429
24	1,174	1,145	1,121	74	1,664	1,437
26	1,190	1,158	1,132	76	1,687	1,445
28	1,205	1,171	1,142	78	1,710	1,453
30	1,224	1,184	1,152	80	1,732	1,460
32	1,238	1,198	1,163	82	1,755	1,467
34	1,255	1,211	1,173	84	1,776	1,474
36	1,273	1,225	1,183	86	1,793	1,480
38	1,290	1,238	1,194	88	1,808	1,486
40	1,307	1,251	—	90	1,819	1,491
42	1,324	1,264	—	92	1,830	1,496
44	1,342	1,277	—	94	1,837	1,500
46	1,361	1,290	—	96	1,840	1,504
48	1,380	1,303	—	98	1,841	1,510
50	1,399	1,316	—	100	1,838	1,522
52	1,419	1,328	—			

Scanned with OKEN Scanner

Nr.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Părți proporționale								
											1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0000	0043	0086	0128	0170	0212	0253	0294	0334	0374	4	8	12	17	21	25	29	33	37
11	0414	0453	0492	0531	0569	0607	0645	0682	0719	0755	4	8	11	15	19	23	26	30	34
12	0792	0828	0864	0899	0934	0969	1004	1038	1072	1106	3	7	10	14	17	21	25	28	31
13	1139	1173	1206	1239	1271	1303	1335	1367	1399	1430	3	6	10	13	16	19	23	26	29
14	1461	1492	1523	1553	1584	1614	1644	1673	1703	1732	3	6	9	12	15	18	21	24	27
15	1761	1790	1818	1847	1875	1903	1931	1959	1987	2014	3	6	8	11	14	17	20	22	25
16	2041	2068	2095	2122	2148	2175	2201	2227	2253	2279	3	5	8	11	13	16	18	21	24
17	2304	2330	2355	2380	2405	2430	2455	2480	2504	2529	2	5	7	10	12	15	17	20	22
18	2553	2577	2601	2625	2648	2672	2695	2718	2742	2765	2	5	7	9	12	14	16	19	21
19	2788	2810	2833	2856	2878	2900	2923	2945	2967	2989	2	4	7	9	11	13	16	18	20
20	3010	3032	3054	3075	3096	3118	3139	3160	3181	3201	2	4	6	8	11	13	15	17	19
21	3222	3243	3263	3284	3304	3324	3345	3365	3385	3404	2	4	6	8	10	12	14	16	18
22	3424	3444	3464	3483	3502	3522	3541	3560	3579	3598	2	4	6	8	10	12	14	15	17
23	3617	3636	3655	3674	3692	3711	3729	3747	3766	3784	2	4	6	7	9	11	13	15	17
24	3802	3820	3838	3856	3874	3892	3909	3927	3945	3962	2	4	5	7	9	11	12	14	16
25	3979	3997	4014	4031	4048	4065	4082	4099	4116	4133	2	3	5	7	9	10	12	14	15
26	4150	4166	4183	4200	4216	4232	4249	4265	4281	4298	2	3	5	7	8	10	11	13	15
27	4314	4330	4346	4362	4378	4393	4409	4425	4440	4456	2	3	5	6	8	9	11	13	14
28	4472	4487	4502	4518	4533	4548	4564	4579	4594	4609	2	3	5	6	8	9	11	12	14
29	4624	4639	4654	4669	4683	4698	4713	4728	4742	4757	1	3	4	6	7	9	10	12	13
30	4771	4786	4800	4814	4829	4843	4857	4871	4886	4900	1	3	4	6	7	9	10	11	13
31	4914	4928	4942	4955	4969	4983	4997	5011	5024	5038	1	3	4	6	7	8	10	11	12
32	5051	5065	5079	5092	5105	5119	5132	5145	5159	5172	1	3	4	5	7	8	9	11	12
33	5185	5198	5211	5224	5237	5250	5263	5276	5289	5302	1	3	4	5	6	8	9	10	12
34	5315	5328	5340	5353	5366	5378	5391	5403	5416	5428	1	3	4	5	6	8	9	10	11
35	5441	5453	5465	5478	5490	5502	5514	5527	5539	5551	1	2	4	5	6	7	9	10	11
36	5563	5575	5587	5599	5611	5623	5635	5647	5658	5670	1	2	4	5	6	7	8	10	11
37	5682	5694	5705	5717	5729	5740	5752	5763	5775	5786	1	2	3	5	6	7	8	9	10
38	5798	5809	5821	5832	5843	5855	5866	5877	5888	5899	1	2	3	5	6	7	8	9	10
39	5911	5922	5933	5944	5955	5966	5977	5988	5999	6010	1	2	3	4	5	7	8	9	10
40	6021	6031	6042	6053	6064	6075	6085	6096	6107	6117	1	2	3	4	5	6	8	9	10
41	6128	6138	6149	6160	6170	6180	6191	6201	6212	6222	1	2	3	4	5	6	7	8	9
42	6232	6243	6253	6263	6274	6284	6294	6304	6314	6325	1	2	3	4	5	6	7	8	9
43	6335	6345	6355	6365	6375	6385	6395	6405	6415	6425	1	2	3	4	5	6	7	8	9
44	6435	6444	6454	6464	6474	6484	6493	6503	6513	6522	1	2	3	4	5	6	7	8	9
45	6532	6542	6551	6561	6571	6580	6590	6599	6609	6618	1	2	3	4	5	6	7	8	9
46	6628	6637	6646	6656	6665	6675	6684	6693	6702	6712	1	2	3	4	5	6	7	7	8
47	6721	6730	6739	6749	6758	6767	6776	6785	6794	6803	1	2	3	4	5	5	6	7	8
48	6812	6821	6830	6839	6848	6857	6866	6875	6884	6893	1	2	3	4	4	5	6	7	8
49	6902	6911	6920	6928	6937	6946	6955	6964	6972	6981	1	2	3	4	4	5	6	7	8
50	6990	6998	7007	7016	7024	7033	7042	7050	7059	7067	1	2	3	3	4	5	6	7	8
51	7076	7084	7093	7101	7110	7118	7126	7135	7143	7152	1	2	3	3	4	5	6	7	8
52	7160	7168	7177	7185	7193	7202	7210	7218	7226	7235	1	2	2	3	4	5	6	7	7
53	7243	7251	7259	7267	7275	7284	7292	7300	7308	7316	1	2	2	3	4	5	6	6	7
54	7324	7332	7340	7348	7356	7364	7372	7380	7388	7396	1	2	2	3	4	5	6	6	7

Scanned with OKEN Scanner

Nr.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Părți proporționale								
											1	2	3	4	5	6	7	8	9
55	7404	7412	7419	7427	7435	7443	7451	7459	7466	7474	1	2	2	3	4	5	5	6	7
56	7482	7490	7497	7505	7513	7520	7528	7536	7543	7551	1	2	2	3	4	5	5	6	7
57	7559	7566	7574	7582	7589	7597	7604	7612	7619	7627	1	2	2	3	4	5	5	6	7
58	7634	7642	7649	7657	7664	7672	7679	7686	7694	7701	1	1	2	3	4	4	5	6	7
59	7709	7716	7723	7731	7738	7745	7752	7760	7767	7774	1	1	2	3	4	4	5	6	7
60	7782	7789	7796	7803	7810	7818	7825	7832	7839	7846	1	1	2	3	4	4	5	6	6
61	7853	7860	7868	7875	7882	7889	7896	7903	7910	7917	1	1	2	3	4	4	5	6	6
62	7924	7931	7938	7945	7952	7959	7966	7973	7980	7987	1	1	2	3	3	4	5	6	6
63	7993	8000	8007	8014	8021	8028	8035	8041	8048	8055	1	1	2	3	3	4	5	5	6
64	8062	8069	8075	8082	8089	8096	8102	8109	8116	8122	1	1	2	3	3	4	5	5	6
65	8129	8136	8142	8149	8156	8162	8169	8176	8182	8189	1	1	2	3	3	4	5	5	6
66	8195	8202	8209	8215	8222	8228	8235	8241	8248	8254	1	1	2	3	3	4	5	5	6
67	8261	8267	8274	8280	8287	8293	8299	8306	8312	8319	1	1	2	3	3	4	5	5	6
68	8325	8831	8338	8344	8351	8357	8363	8370	8376	8382	1	1	2	3	3	4	4	5	6
69	8388	8395	8401	8407	8414	8420	8426	8432	8439	8445	1	1	2	2	3	4	4	5	6
70	8451	8457	8463	8470	8476	8482	8488	8494	8500	8506	1	1	2	2	3	4	4	5	6
71	8513	8519	8525	8531	8537	8543	8549	8555	8561	8567	1	1	2	2	3	4	4	5	5
72	8573	8579	8585	8591	8597	8603	8609	8615	8621	8627	1	1	2	2	3	4	4	5	5
73	8633	8639	8645	8651	8657	8663	8669	8675	8681	8686	1	1	2	2	3	4	4	5	5
74	8692	8698	8704	8710	8716	8722	8727	8733	8739	8745	1	1	2	2	3	4	4	5	5
75	8751	8756	8762	8768	8774	8779	8785	8791	8797	8802	1	1	2	2	3	3	4	5	5
76	8808	8814	8820	8825	8831	8837	8842	8848	8854	8859	1	1	2	2	3	3	4	5	5
77	8865	8871	8876	8882	8887	8893	8899	8904	8910	8915	1	1	2	2	3	3	4	4	5
78	8921	8927	8932	8938	8943	8949	8954	8960	8965	8971	1	1	2	2	3	3	4	4	5
79	8976	8982	8987	8993	8998	9004	9009	9015	9020	9025	1	1	2	2	3	3	4	4	5
80	9031	9036	9042	9047	9053	9058	9063	9069	9074	9079	1	1	2	2	3	3	4	4	5
81	9085	9090	9096	9101	9106	9112	9117	9122	9128	9133	1	1	2	2	3	3	4	4	5
82	9138	9143	9149	9154	9159	9165	9170	9175	9180	9186	1	1	2	2	3	3	4	4	5
83	9191	9196	9201	9206	9212	9217	9222	9227	9232	9238	1	1	2	2	3	3	4	4	5
84	9243	9248	9253	9258	9263	9269	9274	9279	9284	9289	1	1	2	2	3	3	4	4	5
85	9294	9299	9304	9309	9315	9320	9325	9330	9335	9340	1	1	2	2	3	3	4	4	5
86	9345	9350	9355	9360	9365	9370	9375	9380	9385	9390	1	1	2	2	3	3	4	4	5
87	9395	9400	9405	9410	9415	9420	9425	9430	9435	9440	0	1	1	2	2	3	3	4	4
88	9445	9450	9455	9460	9465	9469	9474	9479	9484	9489	0	1	1	2	2	3	3	4	4
89	9494	9499	9504	9509	9513	9518	9523	9528	9533	9538	0	1	1	2	2	3	3	4	4
90	9542	9547	9552	9557	9562	9566	9571	9576	9581	9586	0	1	1	2	2	3	3	4	4
91	9590	9595	9600	9605	9609	9614	9619	9624	9628	9633	0	1	1	2	2	3	3	4	4
92	9638	9643	9647	9652	9657	9661	9666	9671	9675	9680	0	1	1	2	2	3	3	4	4
93	9685	9689	9694	9699	9703	9708	9713	9717	9722	9727	0	1	1	2	2	3	3	4	4
94	9731	9736	9741	9745	9750	9754	9759	9763	9768	9773	0	1	1	2	2	3	3	4	4
95	9777	9782	9786	9791	9795	9800	9805	9809	9814	9818	0	1	1	2	2	3	3	4	4
96	9823	9827	9832	9836	9841	9845	9850	9854	9859	9863	0	1	1	2	2	3	3	4	4
97	9868	9872	9877	9881	9886	9890	9894	9899	9903	9908	0	1	1	2	2	3	3	4	4
98	9912	9917	9921	9926	9930	9934	9939	9943	9948	9952	0	1	1	2	2	3	3	4	4
99	9956	9961	9965	9969	9974	9978	9983	9987	9991	9996	0	1	1	2	2	3	3	3	4

Scanned with OKEN Scanner

LA REZOLVAREA PROBLEMELOR SE VOR UTILIZA GREUTĂȚILE ATOMICE ROTUNJITE ÎN AFARĂ DE CAZURILE CÎND GREUTĂȚILE ATOMICE SÎNT DATE ÎN CONDIȚIILE PROBLEMEI

Aluminiu	Al	27	Hidrogen	H	1
Argint	Ag	108	Iod	J	127
Argon	Ar	40	Mercur	Hg	201
Arsen	As	75	Magneziu	Mg	24
Aur	Au	197	Mangan	Mn	55
Azot	N	14	Molibden	Mo	96
Bariu	Ba	137	Neon	Ne	20
Bismut	Bi	209	Nichel	Ni	59
Bor	B	11	Oxigen	O	16
Brom	Br	80	Platină	Pt	195
Cadmiu	Cd	112	Plumb	Pb	207
Calciu	Ca	40	Potasiu	K	39
Carbon	C	12	Siliciu	Si	28
Clor	Cl	35,5	Sodiu	Na	23
Crom	Cr	52	Staniu	Sn	119
Cupru	Cu	64	Stibiu	Sb	122
Fier	Fe	56	Sulf	S	32
Fluor	F	19	Vanadiu	V	51
Fosfor	P	31	Zinc	Zn	65
Heliu	He	4	Wolfram	W	184

Scanned with OKEN Scanner

RĂSPUNSURI LA PROBLEME

1. (Fe) : (S) = 7 : 4 ; 63,63% Fe.
2. (Ca) : (Br) = 1 : 4; 20% Ca.
3. (P) : (O)=31 : 40; 43,66% P.
4. (C) : (H) = 3 : 1; 75% C.
5. (C) : (S) = 3 : 16; 84,2% S.
6. 108 g.
7. 96,15% As.
8. (Cu) : (O) = 4 : 1; (S) : (O) = = 1 : 1.
9. 45 g.
10. (Ca) : (C) : (O)=10 : 3 : 12.
11. 9.
12. 17,43.
13. 12,14.
14. 56,2.
15. E_{Br} = 79,91; E_M = 9.
16. 32,69.
17. 1,76 g.
18. 126,92.
19. 10 l.
20. E_{O_X} = 24; E_M = 16.
21. 19.
22. E_M = 56,2; V_{H_2} = 3,36 l.
23. 54,2.
24. 45.
25. 3 : 5.
27. 3 at.
28. 2,4 at.
29. 839 ml.
31. 22,4 l.
32. 746 ml.
34. 127°.
35. 797,2 mm.
36. Cu 102,9 mm.
37. —7°.
38. 115°.
39. 819 ml.
40. 444 ml.
41. 4,8 l.
42. 39,1.
43. 200 mm și 600 mm.
44. 159,6 mm.
45. 6,825 l.
46. 750 mm.
47. 0,4 l.
48. 34% și 66%.
49. 624 mm.
50. Presiunea totală 687 mm.
61. 44% O_2; 56% H_2.
62. 40% NO_2 și 60% O_2.
63. 1 vol. SO_2; 9 vol. SO_3; 5,5 vol. O_2.
64. 0,15 at.
65. Se micșorează cu 1/4 din presiunea inițială.
66. Nu se schimbă.
67. Se micșorează cu 1/7 din presiunea inițială.
68. Nu se schimbă presiunea. Compoziția amestecului: 60% Cl_2, 30% HCl, 10% H_2.
70. De 1 700 ori.
72. 43,08 l.
75. 33,6 l.
76. 1 : 16 : 2.
78. 24,04 l.
79. 44,6 mol.
81. $27 \cdot 10^{18}$.
85. $3,3 \cdot 10^{19}$.
86. $7,1 \cdot 10^{9}$.
87. 0,2 at.
88. 1,12 at.
89. 2,24 at.
90. 0,541 at (411 mm).
91. 70 at.
92. 0,64 at; 1 at.
93. 1,56 g.
94. 1,295 kg.

Scanned with OKEN Scanner

95. 1 g.
96. 63,4 g.
97. 0,214 kg.
98. 1,54 g.
99. 1,6 kg.
100. 1,44 g.
101. 2,52 g; $d = 1{,}17$.
102. 517 g.
103. ~73 kg.
110. 0,517.
111. 2,8 l.
113. 0,401.
120. 2,8; 80,9.
121. 34.
122. 58.
123. 156.
124. 71.
125. 1 kg.
126. 2,683 kg.
127. 10 g.
128. 820 l.
129. 39,6 l.
130. 936 mm.
131. 300 l.
132. 119,5.
133. 58.
136. 7 atomi.
137. 3 atomi.
144. 69,72.
146. 24,32.
147. 87,62.
148. 58,7.
149. Greutate atomică 114,75; valența 3.
150. 55,85.
151. 118,7.
152. 31.
168. C_2H_6S.
169. C_6H_{14}.
170. Si_2N_6.
171. C_2H_6O.
172. CH_4.
179. 7.
182. 5,07.
211. 7,2 g Mg; 29,4 g H_2SO_4.
213. ~14 t.
214. 50 g.
215. 40 g și 80 g.
216. 2,5 mol.
217. 8,4 l.
218. 162,5 g Zn și 1 225 g acid.
219. 2,8 l.
220. 375 g.
221. 33,6 l.
222. ~364,5 g.
223. ~146 l.
224. 146,25 g.
225. 56 l.
226. 5,6 l.
227. 11,2 m^3.
228. 2,25 m^3.
229. 5,25 m^3.
230. 10,7 g NH_4Cl.
231. Se formează 28,7 g AgCl.
233. 18 mol N_2; 14 mol H_2.
234. 2 mol SO_2; 11 mol O_2.
235. S-au format 0,08 mol $Fe(OH)_3$.
236. ~34,3 g $CuSO_4$.
237. 292,5 g NaCl.
238. 212 g Na_2CO_3; 222 g $CaCl_2$.
239. ~ 73 g.
240. 54 g.
241. 94,6%.
242. 4,9%.
243. 81,25%.
244. 5,85%.
245. 2,34 at.
246. 23,2 kcal.
247. 83 kcal.
248. 393 kcal.
249. 14,45 kcal.
250. 1,96 kcal.
251. ~ 3 000 kcal.
252. 104,7 kcal.
253. —5,8 kcal.
254. 5 kcal.
255. 10,2 kcal.
256. 62,4 kcal.
257. 34,9 kcal.
258. —22 kcal.
259. 1 544 kcal.
260. —48,6 kcal.
261. 314,5 kcal.
262. 9 kcal.
263. 3,35 kcal.
264. 284,5 kcal.
265. 75,8 kcal.
266. În cazul al doilea, de 5,2 ori mai mult.
267. — 105,9 kcal, — 21,6 kcal, + 9 kcal.
286. 67,2 at.
287. 0,045 mol/l.
288. 0,009 mol/l.
289. 0,022 mol/l.

Scanned with OKEN Scanner

290. [A] = 0,24 mol/l.
[B] = 0,6 mol/l.
292. Crește de 9 ori.
293. Crește de 12 ori.
294. Crește de 64 ori.
295. $v_1 = 0{,}03$; $v_2 = 0{,}007\,2$.
296. a) cu aceeași viteză;
b) în al doilea vas de două ori mai repede.
297. La 200° se termină în 0,16 min; la 80° în 100 min.
298. $[J_2] = 0{,}5$ mol/l; $[H_2] = 0{,}7$ mol/l.
299. $[N_2] = 5$ mol/l; $[H_2] = 15$ mol/l.
300. $K = 1{,}92$; $[NO_2] = 0{,}3$ mol/l.
301. 0,75 at.
302. Scade la 1/20 din presiunea inițială.
303. 50%; 83,3%; 90,9%.
304. Nu.
305. 0,45.
306. 83,3%.
307. 1,55 mol H_2.
308. $(CO_2) : (O_2) = 9 : 1$.
309. $[CO] = 0{,}04$ mol/l; $[CO_2] = 0{,}02$ mol/l.
313. v_1 crește de 8 ori; v_2 crește de 4 ori.
315. v_1 crește de 16 ori; v_2 crește de 4 ori.
320. 12,5%.
321. 189,1 g borax.
322. 430 g.
323. 5,1 g.
324. 161 g.
325. 6,625 g.
326. 342 g.
327. 12%.
328. 2 488 ml.
329. 125 ml.
330. 1 900 ml.
331. 62,5 ml se diluează cu apă pînă la 1 l.
332. 161,5 ml.
333. 30,25%; 7,56 val/l.
334. 11,8 n.
335. 183,2 ml.
336. 4 : 15.
337. 250 ml.
338. 10 g.
339. 10 g.
340. 0,25 n.
341. 24 ml; 0,3 n.
342. 170 g.
343. 122,5 g.
344. 45.
345. 40.
346. ~ 27%.
347. 125 g.
348. ~1,4 l.
349. 17,5 g.
350. 47,5 g.
351. 45°.
352. 30°.
354. 8,55 l.
355. 33,2%.
356. 7,5 at.
357. 34,85% O_2.
358. 90,2% N_2O; 9,8% NO.
359. 9,88 kcal.
360. 18,5 kcal.
361. ~ 9°.
362. 18,6 kcal.
363. 8,1°.
364. 18,6 kcal.
365. 80,1°.
368. 1,75 at.
370. 1,26 at.
371. 0,8 at.
372. 0,044 mol.
375. 18 g.
376. 30.
377. 342.
378. 186 mm.
379. 734,7 mm.
380. 0,41 mm.
381. 52,6 g.
382. 60.
383. 93,1.
386. 0,26°.
387. ~ 102°.
388. — 27°.
389. 1,62°.
390. 18,4 g; 65,8 g.
391. ~ 2 : 1.
392. ~ —10°.
393. 30.
394. 60.
395. 119,5.
396. 152.
397. 1,16°.
398. 5,2°.
399. 128.
400. S_8.
401. $C_6H_6O_4$.
405. $7{,}22 \cdot 10^{21}$.

Scanned with OKEN Scanner

411. 1,86.
412. 2,48.
413. 62%.
414. 70%.
415. 39%.
416. 90%.
417. 48,4%.
418. 70%.
419. 75%.
420. 75%.
421. 1,06.
422. 4%.
423. 2,16%.
424. 4,032 at.
425. — 6,3°.
426. 89,68 mm.
427. — 7,4°.
428. Cu 3 ioni.
429. 1,8 mol.
430. $6{,}923 \cdot 10^{19}$.
431. $[K^{\cdot}] = 0{,}1$ ioni-g/l; $[SO''_4] = 0{,}05$ ioni-g/l.
432. 0,18 ioni-g/l.
433. $[Fe^{\cdot\cdot\cdot}] = 0{,}065$ ioni-g/l; $[Cl'] = 0{,}195$ ioni-g/l.
434. $[Cl'] = 0{,}18$ ioni-g/l; 6,39 g/l.
435. 0,35 mol/l.
436. 0,125 mol/l.
437. 0,39 ioni-g/l.
438. 0,1 n.
439. $[Mg^{\cdot\cdot}] = 1{,}32$ ioni-g/l; $[Cl'] = 2{,}64$ ioni-g/l.
440. S-au dizolvat 0,02 mol NaCl; 0,64 mol KCl; 0,24 mol Na_2SO_4.
442. 5,5%.
443. 0,045%.
444. $2 \cdot 10^{-4}$.
445. $3 \cdot 10^{-7}$.
447. 0,01 mol/l.
448. $1{,}67 \cdot 10^{-6}$ mol/l.
449. 900 ml.
450. $4 \cdot 10^{-3}$ ioni-g/l.
451. $1{,}18 \cdot 10^{-2}$ ioni-g/l.
452. ~de 42 ori.
453. $1{,}8 \cdot 10^{-4}$ ioni-g/l.
454. $[Pb^{\cdot\cdot}] = 1{,}5 \cdot 10^{-3}$ ioni-g/l; $[J'] = 3 \cdot 10^{-3}$ ioni-g/l.
455. $1{,}7 \cdot 10^{-8}$.
456. $7{,}9 \cdot 10^{-5}$.
457. $4 \cdot 10^{-12}$.
458. $3{,}2 \cdot 10^{-11}$.
459. $1{,}35 \cdot 10^{-8}$.
460. 0,013 g.
461. $6{,}5 \cdot 10^{-5}$ g.
462. $2{,}6 \cdot 10^{-2}$ mol/l; 8,1 g/l.
463. ~ 117 l.
464. $4{,}5 \cdot 10^{-2}$.
465. Nu.
466. ~ de 2 750 ori.
467. Nu se formează.
468. Se formează.
484. 2,7.
485. 3,38.
486. 11,4.
487. 10,48.
488. $[H^{\cdot}] = 6{,}3 \cdot 10^{-7}$ ioni-g/l; $[OH'] = 1{,}6 \cdot 10^{-8}$ ioni-g/l.
489. $[H^{\cdot}] = 0{,}425$ ioni-g/l; pH = 0,37.
490. $6{,}02 \cdot 10^{7}$ ioni.
491. Scade de 10 ori.
492. Crește cu 4.
493. 50 ml.
494. 5,7.
546. ~4 ore.
547. ~7,2 zile (a 24 ore).
548. 3,04 min; 4,38 min.
549. 0,000 3 g.
550. 2 413 ani.
551. $1{,}95 \cdot 10^{-3}$ mg.
553. 4 740 ani.
555. Două particule α și două particule β.
556. K → Ca; Rb → Sr.
557. Grupa VI.
558. Grupa IV.
559. 134,4 l.
560. 206 g Pb; 112 l He.
565. 77% ^{35}Cl.
566. 64% ^{69}Ga.
567. 85,54.
568. 63,54.
594. 16 g.
595. 5,44 g.
599. $E = 1{,}94$-V.
602. 0,8 V.
603. Se dizolvă numai Zn.
605. ~0,46 V.
606. $E = 0{,}61$ V.
607. $E = 2{,}52$ V.
608. —0,41 V.
610. Electrodul de hidrogen.
621. 63,6.
624. În primul caz.
627. 0,58 g.
628. 2,41 A.
629. 1,34 A.

Scanned with OKEN Scanner

630. 10 h, 43 min, 20 s.
631. 2 min, 5 s.
632. 5,6 g.
633. 894 C.
634. 9,8 g.
635. Scade cu 2,74 g.
636. ~ 5,6 g Cd; 0,56 l O_2.
637. 1,94 g.
638. 2,7 g $Mg(OH)_2$; 3,3 g Cl_2.
639. 2 412 500 C.
640. ~ 7,1 g J_2; 0,627 l H_2.
641. 48,81.
642. 69,67.
643. 56,2.
644. 114,72.
645. 0,329 mg.
646. 55,84.
647. 24,5 g.
648. 1,118 mg.
650. 46,2 g.
651. 72% Ag.
652. 750 g.
653. ~ 61 g.
656. 617,3 g.
663. 525 kg CaH_2; 1 625 kg Zn; 2 450 kg H_2SO_4.
665. a) 1,2 t; b) 1,11 t.
666. 0,9 g; d ≈ 0,7.
675. 61,25 g $KClO_3$.
680. 134,4 l.
683. 1 000 ml O_3; 1,52 kcal; 1 500 ml O_2.
686. ~ 3%.
690. 28,57 g S.
692. 13,44 l SO_2.
697. 48,76 g; 24,38 g.
704. 146,4 l.
708. 67,2 l.
722. 20%.
727. 79,08 g F; 395,4 g $Ca_3(PO_4)_2$.
741. 215 l.
749. Cu 36,9%; 28 l; 56 l.
752. Efectul termic al primei reacții 59,4 kcal, al celei de-a doua —28,1 kcal.
753. 4 815 kcal.
770. 132,5 g.
771. 30,5 kcal.
774. 4 h 11 min, 16 s.
778. 50%.
782. 268 kcal.
785. 12,5%.
798. 3 mval/l.
800. 105,8 g.
801. 5 mval/l.
802. 144,6 g.
803. 2 mval/l.
804. 2,14 mval/l.
805. 9,1 mval/l.
812. 0,8 g.
830. 294,6 g.
843. 2,63 g; 1,58 g.
846. 5 kcal.
847. 5 140°.
850. 0,3 mol.

Scanned with OKEN Scanner

TABLA DE MATERII

	Pag.
Prefață la ediția a șasea	3
Cap. I. **Compoziția substanțelor compuse**	5
1. Compoziția în greutate a compușilor chimici	5
2. Echivalenții. Legea proporțiilor multiple	7
Cap. II. **Legile gazelor. Determinarea greutăților moleculare**	11
1. Legile fundamentale ale gazelor	11
2. Presiunea parțială a gazelor	15
3. Legea lui Avogadro. Raporturile de volum dintre gazele care reacționează	18
4. Volumul moleculelor al gazelor	20
5. Greutatea gazelor. Densitatea gazelor	23
6. Greutatea moleculară a substanțelor în stare gazoasă.	27
7. Ecuația de stare a gazelor și aplicarea ei în calcule.	29
Cap. III. **Determinarea greutăților atomice**	32
1. Determinarea greutăților atomice ale elementelor din greutățile moleculare ale combinațiilor lor	32
2. Determinarea greutăților atomice din căldura atomică	33
Cap. IV. **Stabilirea formulelor chimice**	38
1. Stabilirea formulelor elementare	38
2. Stabilirea formulelor reale	40
Cap. V. **Valența. Stabilirea formulelor după valență**	43
Cap. VI. **Clasificarea compușilor anorganici**	46
1. Oxizii	46
2. Acizii	47
3. Bazele	49
4. Hidroxizii amfoteri	50
5. Sărurile	50
6. Nomenclatura sărurilor	51
7. Stabilirea formulelor bazelor și sărurilor	53
8. Metode de preparare a acizilor, bazelor și sărurilor	54
Cap. VII. **Calcule cu ajutorul ecuațiilor chimice**	59
Cap. VIII. **Ecuații și calcule termochimice**	65
Cap. IX. **Structura atomului. Legătura chimică**	71
1. Structura atomului. Formarea ionilor	71
2. Compuși ionici și atomici	74
3. Formarea compușilor ionici	74
4. Formarea compușilor atomici	76
5. Valența elementelor în compușii atomici	78
6. Determinarea valenței elementelor în substanțele compuse	78
Cap. X. **Echilibrul chimic**	82
1. Viteza reacțiilor. Calcularea sistemelor în echilibru	82
2. Deplasarea echilibrului chimic	87
Cap. XI. **Soluții**	96
1. Concentrațiile soluțiilor	96
2. Solubilitatea	102
3. Căldura de dizolvare și de hidratare	105
4. Presiunea osmotică a soluțiilor	107

Scanned with OKEN Scanner

Pag.

5. Presiunea de vapori a soluțiilor 110
6. Solidificarea și fierberea soluțiilor 113

Cap. XII. **Teoria disociației electrolitice** 117
1. Gradul de disociere electrolitică 117
2. Concentrația ionilor și echilibrul ionic 123
3. Produsul de solubilitate 130
4. Reacțiile și ecuațiile ionice 134
5. Exponentul de hidrogen 139
6. Hidroliza sărurilor 142

Cap. XIII. **Combinații complexe** 146

Cap. XIV. **Sistemul periodic al elementelor al lui D. I. Mendeleev** 151
1. Dependența proprietăților elementelor de structura atomilor lor 151
2. Radioactivitatea. Legea de deplasare. Izotopii 155

Cap. XV. **Reacțiile de oxido-reducere** 160
1. Oxidare și reducere 160
2. Stabilirea ecuațiilor reacțiilor de oxido-reducere 162

Cap. XVI. **Procesele chimice și curentul electric** 172
1. Seria tensiunilor 172
2. Elementele galvanice 173
3. Electroliza 177
4. Legile electrolizei 180

Cap. XVII. **Aliaje** 186

Cap. XVIII. **Proprietățile elementelor chimice și a compușilor lor** 192
1. Hidrogenul. Gazele inerte 192
2. Halogenii 193
3. Elementele din grupa oxigenului 194
4. Elementele din grupa azotului 196
5. Carbonul și siliciul 199
6. Metalele din grupa I a sistemului periodic 201
7. Metalele din grupa II a sistemulu periodic 203
8. Duritatea apei 204
9. Metalele din grupa III și IV a sistemului periodic 207
10. Metalele din grupa VI, VII și VIII a sistemului periodic 209
11. Întrebări și probleme suplimentare 211

Răspunsuri la probleme 218

Anexe 213

Responsabil de carte: Ing. Tutoveanu Anton
Tehnoredactor: Dragomir Elena
Corector responsabil: Ianculescu Maria

Dat la cules: 03.01.58. Bun de tipar 08.03.58. Hîrtie cărți școlare de 65 g/m² 61×86/16. Coli editoriale 13,56. Coli de tipar: 14.25 Planșe 1. Comanda T 3101 A. 0,5837; E 16.902 Indicele de clasificare pentru bibliotecile mari: 54 (076), Indicele de clasificare pentru bibliotecile mici: 54

Tiparul executat sub comanda nr. 186 de Imprimeria Departamentului Căilor Ferate

Scanned with OKEN Scanner

Pag.

5. Presiunea de vapori a soluțiilor 110
6. Solidificarea și fierberea soluțiilor 113

Cap. XII. **Teoria disociației electrolitice** 117
1. Gradul de disociere electrolitică 117
2. Concentrația ionilor și echilibrul ionic 123
3. Produsul de solubilitate 130
4. Reacțiile și ecuațiile ionice 134
5. Exponentul de hidrogen 139
6. Hidroliza sărurilor 142

Cap. XIII. **Combinații complexe** 146

Cap. XIV. **Sistemul periodic al elementelor al lui D. I. Mendeleev** 151
1. Dependența proprietăților elementelor de structura atomilor lor 151
2. Radioactivitatea. Legea de deplasare. Izotopii 155

Cap. XV. **Reacțiile de oxido-reducere** 160
1. Oxidare și reducere 160
2. Stabilirea ecuațiilor reacțiilor de oxido-reducere 162

Cap. XVI. **Procesele chimice și curentul electric** 172
1. Seria tensiunilor 172
2. Elementele galvanice 173
3. Electroliza 177
4. Legile electrolizei 180

Cap. XVII. **Aliaje** 186

Cap. XVIII. **Proprietățile elementelor chimice și a compușilor lor** 192
1. Hidrogenul. Gazele inerte 192
2. Halogenii 193
3. Elementele din grupa oxigenului 194
4. Elementele din grupa azotului 196
5. Carbonul și siliciul 199
6. Metalele din grupa I a sistemului periodic 201
7. Metalele din grupa II a sistemulu periodic 203
8. Duritatea apei 204
9. Metalele din grupa III și IV a sistemului periodic 207
10. Metalele din grupa VI, VII și VIII a sistemului periodic 209
11. Întrebări și probleme suplimentare 211

Răspunsuri la probleme 218

Anexe 213

Responsabil de carte: Ing. Tutoveanu Anton
Tehnoredactor: Dragomir Elena
Corector responsabil: Ianculescu Maria

Dat la cules: 03.01.58. Bun de tipar 08.03.58. Hîrtie cărți școlare de 65 g/m² 61×86/16. Coli editoriale 13,56. Coli de tipar: 14.25 Planșe 1. Comanda T 3101 A. 0,5837; E 16.902 Indicele de clasificare pentru bibliotecile mari: 54 (076). Indicele de clasificare pentru bibliotecile mici: 54

Tiparul executat sub comanda nr. 186 de Imprimeria Departamentului Căilor Ferate

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

SISTEMUL PERIODIC AL ELEMENTELOR AL LUI D. I. MENDELEEV

GRUPELE ELEMENTELOR

Perioada	Rîndul	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII			0
1	I	H 1 1,0080						(H)				He 2 4,003
2	II	Li 3 6,940	Be 4 9,013	B 5 10,82	C 6 12,010	N 7 14,008	O 8 16	F 9 19,000				Ne 10 20,183
3	III	Na 11 22,997	Mg 12 24,32	Al 13 26,98	Si 14 28,09	P 15 30,975	S 16 32,066	Cl 17 35,457				Ar 18 39,944
4	IV	K 19 39,100	Ca 20 40,08	Sc 21 44,96	Ti 22 47,90	V 23 50,95	Cr 24 52,01	Mn 25 54,93	Fe 26 55,85	Co 27 58,94	Ni 28 58,69	
	V	Cu 29 63,54	Zn 30 65,38	Ga 31 69,72	Ge 32 72,60	As 33 74,91	Se 34 78,96	Br 35 79,916				Kr 36 83,80
5	VI	Rb 37 85,48	Sr 38 87,63	Y 39 88,92	Zr 40 91,22	Nb 41 92,91	Mo 42 95,95	Tc 43 [99]	Ru 44 101,7	Rh 45 102,91	Pd 46 106,7	
	VII	Ag 47 107,880	Cd 48 112,41	In 49 114,76	Sn 50 118,70	Sb 51 121,76	Te 52 127,61	J 53 126,91				Xe 54 131,3
6	VIII	Cs 55 132,91	Ba 56 137,36	La ★ 57 138,92	Hf 72 178,6	Ta 73 180,88	W 74 183,92	Re 75 186,31	Os 76 190,2	Ir 77 193,1	Pt 78 195,23	
	IX	Au 79 197,2	Hg 80 200,61	Tl 81 204,39	Pb 82 207,21	Bi 83 209,00	Po 84 [210]	At 85 [210]				Rn 86 222
7	X	Fr 87 [223]	Ra 88 226,5	Ac ★★ 89 227	(Th)	(Pa)	(U)					

★ LANTANIDE : 71

Ce 58 140,13	Pr 59 140,92	Nd 60 144,27	Pm 61 [145]	Sm 62 150,43	Eu 63 152,0	Gd 64 156,9	Tb 65 159,2	Dy 66 162,46	Ho 67 164,94	Fr 68 167,2	Tu 69 169,4	Yb 70 173,04	Lu 71 174,99

★★ ACTINIDE

Th 90 232,12	Pa 91 231	U 92 238,07	Np 93 [237]	Pu 94 [242]	Am 95 [243]	Cm 96 [243]	Bk 97 [245]	Cf 98 [246]						

NUMĂRUL DE ORDINE → 26
SIMBOLUL → Fe
GREUTATEA ATOMICĂ → 55,85

ÎN PARANTEZE PĂTRATE SÎNT INDICATE NUMERELE DE MASĂ ALE CELOR MAI STABILI IZOTOPI

STRATURILE ELECTRONICE

ERATĂ

Pag.	Rînd	In loc de:	Se va citi:	Din vina:
18	8 și 9 jos	$N_x O$	$N_x O_y$	Tipo.
88	12 sus	concentrațiilor	concentrațiilor substanțelor	Tipo.
126	8 jos	$=\frac{\alpha^2 c}{1-\alpha}\ \frac{(0{,}0132)^2 \cdot 0{,}1}{1-0{,}0132}=$	$=\frac{\alpha^2 c}{1-\alpha}=\frac{(0{,}0132)^2 \cdot 0{,}1}{1-0{,}0132}=$	Tipo.
130	17 sus	7 mol... 0,1 mol HC	1 mol... 0,1 mol HCl	Tipo.
133	4 sus	$\frac{6{,}2 \cdot 10^{-7}}{1{,}09 \cdot 10^{-5}}$	$\frac{6{,}2 \cdot 10^{-5}}{1{,}09 \cdot 10^{-7}}$	Tipo.
134	1 sus	granit	argint	Tipo.
135	10 sus	$\downarrow = CaCO_3$	$= \downarrow CaCO_3$	Edit.
145	5 jos	Al_2S_3	Al_2S_3	Tipo.
148	8 jos	$Cr\ [(H_2O)_4Cl_2]$	$[Cr\ (H_2O)_4Cl_2]$	Edit.
158	7 sus	$3{,}5 \cdot 10$	$3{,}5 \cdot 10^{10}$	Edit.
180	8 sus partea stîngă a formulei	$2H_2 \rightleftarrows$	$2H_2O \rightleftarrows$	Edit.

Scanned with OKEN Scanner